

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**Alterações dos parâmetros biométricos e reprodutores
das tartarugas marinhas de São Tomé nas últimas duas décadas**

Íris Ferreira da Silva Ribeiro

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação orientada por:
Doutor Ricardo Faustino de Lima (FCUL)
Prof. Doutor Rui Rebelo (FCUL)

2018

Página em branco

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus orientadores por todo o apoio dado e partilha de conhecimento ao longo deste último ano e quase meio, sem os quais não teria sido possível concluir esta etapa. Dr. Ricardo Lima um grande obrigado por apesar das contrariedades, frustrações e mudança de tema nunca teres desistido de me orientar, obrigada por todo o conhecimento que me forneceste. Professor Rui Rebelo, obrigada por toda a orientação, correções, sugestões, e pensamento positivo ao longo deste processo.

Um especial e grande agradecimento à Joana Hancock, por todo o amparo que me deu, todas as propostas e a cima de tudo por todas as palavras amigas partilhadas, nesta luta conjunta.

À Associação de Tartarugas marinhas (ATM), Dr. Jaques Fretey e Jean François Dontaine pela disponibilização de todos os dados envolvidos neste projeto.

À Sara Vieira pela disponibilidade em esclarecimento de qualquer dúvida existente ao longo do desenvolvimento da tese.

Ao meu pai, pelo apoio incondicional e científico que me deu. À minha mãe por ter feito sempre de tudo para que eu me sentisse da melhor forma possível. Todos os momentos de luta e quase desistência não teriam sido ultrapassados sem vocês os dois.

A todas as minhas grandes amigas e amigos, que me acompanharam durante este processo, por toda a paciência que tiveram para comigo e por nunca deixarem de acreditar que era possível este dia chegar. Em especial às/aos que atravessaram por um processo semelhante ao meu, e que apesar de toda a sua luta, estiveram a meu lado e conseguiram encerrar este capítulo.

Em especial, obrigada a Ti, que apesar de todas as circunstâncias nunca me deixaste ir a baixo, sempre mantiveste o pensamento positivo de que tudo iria ficar bem. E já viste? Ficou mesmo tudo bem!

Por último o meu maior agradecimento é sem dúvida para os meus queridos que, infelizmente, durante esta longa caminhada deixaram de estar a meu lado, sem eles não seria a pessoa que hoje sou.

Obrigada a todos!

Com o apoio:



Resumo

As tartarugas marinhas são um grupo sujeito a um conjunto vasto de ameaças que as colocam em risco de extinção: captura accidental em redes de pesca, caça ilegal de juvenis, adultos e ovos, redução do habitat de nidificação, construção de infraestruturas costeiras, iluminação artificial em praias de nidificação, poluição e alterações climáticas.

Na ilha de São Tomé, localizada no Golfo da Guiné (África central), nidificam regularmente quatro das sete espécies de tartarugas marinhas existentes: a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), a tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*), a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) e a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*). À semelhança do que se passa em muitos outros pontos do globo, uma das principais ameaças a estas espécies em São Tomé é a captura das tartarugas fêmea e de ovos nas praias, aquando da desova. Esta atividade apresenta um grande impacto para as populações de tartarugas que nidificam na ilha, mesmo tendo em conta o número elevado de ameaças sobre estas espécies noutras fases do ciclo reprodutor e apesar das várias medidas de conservação aplicadas em São Tomé nos últimos anos.

De forma a avaliar variações na demografia, biometrias das fêmeas e tamanho da postura destas populações, as praias da ilha têm sido monitorizadas durante o período reprodutor (Agosto a Abril) ao longo de várias campanhas entre 1998 e 2017. Assim, os objetivos do presente estudo são: i) avaliar alterações na distribuição espacial dos registos de fêmeas de cada espécie; ii) analisar variações temporais e espaciais na biometria das fêmeas reprodutoras (considerando o comprimento curvo da carapaça - CCL); iii) identificar variações temporais e espaciais no número médio de ovos de cada postura e iv) testar a relação entre o tamanho da fêmea e número de ovos depositados.

Os dados foram organizados em três grupos temporais: de 1998 a 2001, de 2004 a 2008 e de 2012 a 2016.

Em termos de distribuição de fêmeas reprodutoras, todas as espécies apresentaram poucos registos na zona oeste da ilha, o que certamente se deve a estas praias serem quase sempre pequenas e de substrato rochoso. A tartaruga-verde distribui-se preferencialmente ao longo das praias das zonas sul e este, a tartaruga-de-couro ao longo das praias das zonas norte, este e sul, a tartaruga-de-pente ao longo do sul e este, e a tartaruga-oliva maioritariamente ao longo do norte. Houve um aumento no número de registos nas praias do oeste e sul ao longo do período de estudo, que deve estar relacionado com um aumento no esforço de amostragem nestas regiões da ilha, que de uma forma geral são menos acessíveis para monitorização.

Um elevado número de praias na zona este deixaram de ter registos, principalmente de tartaruga-de-pente e oliva. Esta alteração poderá ser um reflexo de uma redução efetiva no número de praias com reprodução destas espécies, uma vez que é nesta zona da ilha que existe maior pressão em termos de capturas. Relativamente à tartaruga-verde há um aumento do número de praias com registos na zona sudeste e no extremo sul. A tartaruga-de-couro não apresenta um padrão particular de variação do número de registos nas diferentes zonas durante o período de estudo.

Em termos de biometrias, apenas a tartaruga-verde e a tartaruga-oliva apresentaram diferenças temporais. A média do CCL da tartaruga-verde aumentou do primeiro grupo temporal para o segundo, diminuindo ligeiramente para o terceiro. Estes resultados poderão estar relacionados com uma diminuição da pressão da caça com o consequente aumento do efetivo populacional e/ou com melhores condições nas zonas de alimentação. O CCL da tartaruga-verde foi o único que apresentou variações espaciais, sendo as fêmeas do sul e este maiores que as do norte. Estas diferenças poderão dever-se ao facto de a zona norte ser uma das regiões mais humanizada e com uma maior pressão de caça, não permitindo aos indivíduos atingirem grandes

tamanhos. Relativamente à média do CCL da tartaruga-oliva este diminuiu ao longo dos três períodos. Como esta espécie se encontra maioritariamente a norte e a este da ilha, zonas de maior pressão humana, está sujeita a uma elevada pressão de caça.

Em termos de número médio de ovos por postura, o da tartaruga-verde diminuiu, enquanto que o da tartaruga-oliva aumentou e os das restantes espécies não demonstraram variações. Não houve diferenças no número médio de ovos depositados ao longo das diferentes zonas da ilha para nenhuma das espécies.

Em todas as espécies verificou-se uma correlação positiva entre o CCL e o número de ovos, exceto para a tartaruga-de-couro, possivelmente devido ao tamanho amostral relativamente reduzido e ao facto desta espécie depositar ovos inférteis, o que dificulta a contagem do número de ovos.

A monitorização e censos de praias apresentam um papel fulcral na conservação das tartarugas marinhas, sendo uma fonte primária de dados de distribuição, tendências populacionais e parâmetros reprodutores. Este estudo usou este tipo de dados para demonstrar como a pressão humana tem influenciado variações populacionais das tartarugas marinhas de São Tomé a longo prazo. A não linearidade dos resultados observados reforça a necessidade de continuar a monitorizar estas populações, para analisar como reagem às recentes medidas de conservação e reajustar as estratégias de conservação.

Palavras-chave: *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, CCL, Tamanho da postura, Variações espaço-temporais, Golfo da Guiné

Abstract

Marine turtles are subject to a variety of threats, such as: accidental capture in fish nets, illegal hunting of juveniles, adults and eggs, degradation of nesting habitats, construction of coastal infrastructures, artificial lightning at nesting beaches, pollution and climate change. These threats are putting them under the risk of extinction

Four sea turtle species, out of the seven existing worldwide, nest at São Tomé Island (Guinea Gulf, Central Africa): the green (*Chelonia mydas*), the leatherback (*Dermochelys coriacea*), the hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) and the olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*). As in other parts of the world, the main threat for these species at São Tomé Island is the capture of females and their clutches while they are nesting. This activity continues to have a major impact on the sea turtle populations despite the profuse threats during other phases of the reproductive cycle and the numerous conservation measures applied in São Tomé in recent years.

To assess changes in demography, female biometry and clutch size of sea turtle populations, the beaches of São Tomé have been monitored during the reproductive period (from August to April) in three different periods: from 1998 to 2001, from 2004 to 2008, and from 2012 and 2016. The present study aims to: i) assess changes in the spatial distribution of the female records of each specie; ii) analyze temporal and spatial variations of the biometry of reproductive females (using Curved Carapace Length – CCL); iii) identify temporal and spatial variations of the mean clutch size and iv) test the relation between female size and clutch size was also tested.

The spatial distribution of reproductive females varies across the island. All species have few records on the west coast, probably due to the rocky shore and to the small size of the beaches. The green turtle was recorded mainly in the south and east; the leatherback was spread throughout the north, east and south; the hawksbill occurred mostly in the south and east; and the olive mainly in the north. The observed increase in the number of records in the west and south is probably related to the increase in the sampling effort in those beaches, which are generally less accessible to monitoring.

A significant number of beaches in the east of São Tomé stopped having records, specially for the hawksbill and olive ridley turtles. This is probably related both to the higher capture pressure in this area, and to the reduction, in number and quality of the beaches where these species nested, due to sand extraction. The green turtle presented an increase of the records in the south and southeast beaches. During the period under consideration, the leatherback turtle did not present a pattern of variation in the records across the island.

The biometry of females only presented temporal variations for the green and olive ridley turtles. The mean CCL of the green turtle increased from the first to the second monitoring period, decreasing slightly to the third period. These results can be related to the decrease of the hunting pressure that should have led to a real increase of the population size and to the amelioration of the quality of foraging areas. The CCL of the green turtle was the only one presenting spatial variations, with the southern females being bigger than the northern ones. These differences can be related to the higher degree of human occupation in the north of the island leading to a higher hunting pressure that prevents the females from attain larger dimensions. The mean CCL of the olive ridley diminished through the three periods, again probably due to the location of their nesting beaches being mostly in the north and east, where most people live and where the hunting pressure is the highest.

The mean number of eggs *per* clutch diminished for the green turtle diminished, while in increased for the olive ridley. The other turtle species did not exhibit any significant changes. Moreover, there were no differences in the mean number of eggs per clutch between the different areas of the island for any of the species.

The CCL and the number of eggs present a positive correlation for all species except for the leatherback turtle, probably due to the small sample size and to the fact that this species deposits infertile eggs, which make it harder to count the eggs.

Monitoring the beaches is of paramount importance for the conservation of sea turtles, being a primary source of data on distribution, population tendencies and reproductive parameters. This type of data allowed us showing that, in the long-run, human pressure is influencing population variations of the sea turtles of São Tomé. The non-linearity of the results reinforces the need for continued monitoring of these populations, namely to understand how they are affected by the recent conservation measures and to allow the readjustment of conservation strategies.

Keywords: *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, CCL, Clutch size, Spatio-temporal variations, Gulf of Guinea

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Tartarugas marinhas: Ciclo de vida.....	1
1.2. Ameaças e Conservação.....	2
1.3. São Tomé.....	3
1.4. Objetivos.....	4
2. Métodos.....	5
2.1. Área de Estudo.....	5
2.2. Espécies estudadas	5
2.2.1. Tartaruga-verde.....	5
2.2.2. Tartaruga-de-couro.....	6
2.2.3. Tartaruga-de-pente.....	6
2.2.4. Tartaruga-oliva.....	7
2.3. Recolha de Dados.....	7
2.4. Compilação de Dados.....	8
2.5. Análise de Dados	9
3. Resultados.....	11
3.1. Alterações na distribuição dos registos de fêmeas reprodutoras.....	11
3.2. Variação temporal do número de registos de fêmeas	13
3.3. Variação temporal e espacial do tamanho das fêmeas	14
3.3.1. Tartaruga-verde.....	14
3.3.2. Tartaruga-de-couro.....	14
3.3.3. Tartaruga-de-pente.....	15
3.3.4. Tartaruga-oliva.....	16
3.4. Variação temporal e espacial do número médio de ovos por postura.....	18
3.4.1. Tartaruga-verde.....	18
3.4.2. Tartaruga-de-couro.....	19
3.4.3. Tartaruga-de-pente.....	19
3.4.4. Tartaruga-oliva.....	20
3.5. Relação entre o tamanho das fêmeas e o número de ovos.....	23
4. Discussão.....	25
4.1. Variações espaço-temporais no registo de fêmeas reprodutoras.....	25
4.2. Variações espaço-temporais do tamanho das fêmeas.....	25
4.3. Variações espaço-temporais do tamanho da postura.....	26
4.4. Relação entre tamanho das fêmeas e número de ovos.....	27
4.5. Considerações finais.....	27
5. Referências.....	29
6. Apêndices.....	37

Lista de tabelas

Tabela 3.1- Praias com registos de fêmeas de pelo menos uma espécie ao longo dos dois períodos temporais (G1' e G3').	11
Tabela 3.3.4.1- Resultados dos modelos lineares, relativo ao CCL, para as quatro espécies de tartarugas marinhas em estudo.	16
Tabela 3.3.4.2- Comparação do CCL entre períodos (G1, G2 e G3) com recurso a GLMM, para as quatro espécies de tartarugas marinhas em estudo.	18
Tabela 3.4.4.1- Resultados dos modelos lineares, relativo à média de número de ovos, para as quatro espécies de tartarugas.	20
Tabela 3.4.4.2- Comparação do número médio de ovos entre períodos temporais (G1, G2 e G3) com recurso a GLMM, para as quatro espécies de tartarugas marinhas em estudo.	22
Tabela 3.5.1- Coeficientes de correlação de <i>Spearman</i> entre o CCL e o nº de ovos colocados pelas fêmeas de tartaruga-verde e tartaruga-oliva, ao longo dos três períodos temporais.	23
Tabela A1: Valores totais de CCL por espécie.	37
Tabela A2: CCL das quatro espécies ao longo dos três períodos (G1, G2 e G3) e das diferentes zonas (este, norte, sul e oeste).	37
Tabela A3: Valores totais do número de ovos por espécie	37
Tabela A4: Número de ovos das quatro espécies ao longo dos três períodos (G1, G2 e G3) e das diferentes zonas (este, norte, sul e oeste).	37
Tabela A5: Síntese bibliográfica do valor de CCL e o do número médio de ovos ao longo de vários locais do globo.	38

Lista de figuras

Figura 2.3.1- Localização da área de estudo.	8
Figura 3.1.1- Mapas de variação espacial dos registos de presença de fêmeas de cada espécie.	12
Figura 3.2.1- Variação temporal da proporção de tartarugas marinhas fêmeas de cada espécie.	13
Figura 3.3.1.1- Valores médios de CCL ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-verde.	14
Figura 3.3.2.1- Valores médios de CCL ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-de-couro.	15
Figura 3.3.3.1- Valores médios de CCL ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-de-pente.	15
Figura 3.3.4.1- Valores médios de CCL ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-oliva.	16
Figura 3.3.4.2- Variação temporal e espacial do valor médio de CCL de tartaruga-verde, tartaruga-de-couro, tartaruga-de-pente e tartaruga-oliva.	17

Figura 3.4.1.1- Valores médios do número de ovos ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-verde.....	18
Figura 3.4.2.1- Valores médios do número de ovos ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-de-couro.	19
Figura 3.4.3.1- Valores médios do número de ovos ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-de-pente.....	19
Figura 3.4.4.1- Valores médios do número de ovos ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-oliva.....	20
Figura 3.4.4.2- Variação temporal e espacial do valor médio do número de ovos de tartaruga-verde, tartaruga-de-couro, tartaruga-de-pente e tartaruga-oliva.....	21
Figura 3.5.1- Correlação entre o CCL e o nº de ovos colocados pelas fêmeas de tartaruga-marinha, para cada espécie estudada.....	23

1. Introdução

1.1. Tartarugas marinhas: Ciclo de vida

As tartarugas marinhas são seres que apresentam grande longevidade, crescimento lento e que utilizam múltiplos tipos de habitat no decurso do seu ciclo de vida (Heppell *et al.* 2003). São reconhecidas sete espécies vivas de tartarugas marinhas: tartaruga-verde *Chelonia mydas*, (Linnaeus 1758), tartaruga-de-couro, *Dermochelys coriácea* (Vandelli 1761), tartaruga-de-pente, *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus 1766), tartaruga-oliva, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829), tartaruga-de-kemp, *Lepidochelys kempii* (Garman 1880), tartaruga-comum, *Caretta caretta* (Linnaeus 1758), tartaruga-australiana, *Natator depressus* (Garman 1880).

Após eclosão as crias direcionam-se para o mar, onde são transportadas por correntes *offshore* até à zona oceânica (Hamman *et al.* 2002). Após um período de três a seis anos, as tartarugas juvenis deslocam-se até às zonas neríticas, de desenvolvimento e alimentação, que variam de espécie para espécie, e onde passam os anos seguintes a alimentar-se até atingirem a maturidade sexual (Zug & Glor 1998). Nessa altura, iniciam um ciclo migratório entre áreas de alimentação e praias de nidificação (Bjorndal 1997; Godley *et al.* 2008; Stokes *et al.* 2015).

Habitam preferencialmente águas tropicais e subtropicais e, tal como a maioria dos seres ectotérmicos, apresentam reprodução sazonal, deslocando-se até zonas pouco profundas perto do local de desova, geralmente entre as coordenadas 29°S e 44°N (Booth & Peters 1972; Hirth 1980; Witzell 1983; Wallace *et al.* 2011). Após a cópula, as fêmeas emergem, geralmente de noite e em praias arenosas, com o objetivo de escavarem ninhos e aí depositarem os ovos (Carr *et al.* 1978; Girard *et al.* 2016).

O intervalo entre reproduções sucessivas geralmente varia entre dois a quatro anos, dependendo da população, do indivíduo e das condições ambientais (Troëng & Chaloupka 2007). Em cada temporada, uma fêmea pode desovar entre uma e nove vezes, com um intervalo de 10 a 28 dias entre posturas (Hirth 1980; Miller 1997). Cada postura pode ter entre 50 a 200 ovos, dependendo da espécie e do indivíduo (Carr *et al.* 1978; Broderick *et al.* 2003; Loureiro *et al.* 2011).

De um modo geral todas as espécies apresentam grande dificuldade em escavar os ninhos em praias com substrato grosseiro e/ou com areia seca (Mortimer 1990). A seleção do local para construção do ninho é bastante importante, pois o desenvolvimento, período de incubação e sobrevivência dos embriões são diretamente afetados pelas características bióticas e abióticas do meio envolvente (Kamel & Mrosovsky 2006). A distância do ninho ao mar, a presença de vegetação, a cor e tipo de areia afetam diretamente a temperatura e humidade do ninho, e consequentemente o desenvolvimento da prole (Yntema & Mrosovsky 1982; Lopez-Castro *et al.* 2004; Kamel & Mrosovsky 2004).

A escolha do local para desova varia de espécie para espécie; cada espécie apresenta preferências ambientais específicas para depositar os seus ovos, como será oportunamente detalhado. Mais recentemente foi também evidenciado que existem variações individuais na preferência ao nível do micro-habitat: fêmeas de uma mesma população apresentam preferências distintas, consistentes de época para época, devido a fatores genéticos (Kamel & Mrosovsky 2004; Kamel & Mrosovsky 2006).

O sexo das crias depende da temperatura de incubação durante o segundo terço do período da embriogénese (Standora & Spotila 1985 & Howard *et al.* 2014). Temperaturas mais elevadas produzem maioritariamente fêmeas, ninhos com temperaturas mais baixas produzem uma maior proporção de machos (Broderick *et al.* 2000). O período de incubação prolonga-se entre 45 e 60 dias, variando consoante a espécie, o indivíduo e as condições ambientais (Ackerman 1997; Broderick *et al.* 2000).

Após a eclosão dos ovos, as crias emergem do ninho, por facilitação social, com as crias que estão por baixo a empurrar as que estão por cima (Carr & Hirth 1961). Após saírem do ninho iniciam o seu trajeto até ao mar, o que acontece sobretudo de noite para minimizar a probabilidade de serem predadas (Davenport 1997).

Pelo facto de demonstrarem um crescimento lento e demorarem décadas até alcançarem a maturidade sexual, as tartarugas marinhas apresentam naturalmente uma probabilidade bastante reduzida de sobreviverem até à idade adulta (Frazer & Ehrhart 1985; Chaloupka & Musick 1997). Como tal, é crucial que durante a época de desova maximizem o número de ovos depositados (Hamann *et al.* 2002).

1.2. Ameaças e Conservação

O fenómeno da “sexta extinção em massa”, que afeta atualmente a biodiversidade a nível global, resulta diretamente da ação humana, principalmente por: i) destruição de habitats e consequente destruição de ecossistemas; ii) sobreexploração das espécies, particularmente relevante no caso de espécies longevas e com maturação sexual tardia, como as tartarugas marinhas (Singh 2002).

O aumento das atividades de exploração marinha ao longo do século XX produziu efeitos prejudiciais sobre estes ecossistemas, levando a um declínio acentuado da megafauna marinha (Jackson *et al.* 2001; Chaloupka *et al.* 2008). É o caso das tartarugas marinhas, que outrora eram abundantes nos diferentes oceanos, mas cujas populações têm vindo a diminuir; atualmente todas as espécies se encontram ameaçadas de extinção (Marcovaldi *et al.* 1999; IUCN 2017; Casale *et al.* 2015).

Durante a fase inicial da sua vida as tartarugas marinhas encontram-se sujeitas a um número variado de ameaças naturais. Os ovos e as crias recém-eclodidas podem ser predados por caranguejos ou aves, e durante o seu percurso até ao mar podem encontrar obstáculos naturais (troncos, rochas) que impeçam a sua progressão. Enquanto juvenis, já em mar aberto, podem ser capturados por peixes. Quando adultos, o número de ameaças naturais diminui consideravelmente e a ação humana passa a ser a principal ameaça a estas espécies (Humber *et al.* 2014).

A captura accidental (p. ex. por redes de arrasto, dragas, palangres, redes de malha ou redes de cerco) é atualmente a principal ameaça de origem antropogénica à sobrevivência das tartarugas marinhas adultas (Casale *et al.* 2015). No entanto, a caça ilegal continua a ser uma ameaça preponderante (Hamman *et al.* 2010).

As tartarugas marinhas nidificam em praias arenosas, facilitando a predação de adultos e ovos por animais domésticos, bem como por populações humanas. As tartarugas marinhas, os seus ovos e outros produtos (ex. escamas, adiposidade e carapaça) são utilizados pelo Homem com diversos fins: alimentação, produção de óleos, medicamentos, cabedal, acessórios, bijuteria, artigos de decoração e isco para a pesca (Campbell 2003; Wallace *et al.* 2011).

Estima-se que mais de 42 000 tartarugas marinhas sejam capturadas por ano em todo o mundo, através de caça ilegal (Humber *et al.* 2014). Cerca de 88,5% das capturas correspondem a tartaruga-verde, 8,2% a tartaruga-de-pente, 0,6% a tartaruga-oliva, 0,1% a tartaruga-de-couro, e os restantes 2,5% às outras três espécies.

Outra das causas de declínio de tartarugas marinhas é a diminuição da qualidade dos locais de nidificação (Lutcavage *et al.* 1997). Muitas das praias de substrato arenoso estão a sofrer reduções acentuadas da sua dimensão e da quantidade de areia disponível pois, para além do gradual aumento do nível médio da água do mar e processos erosivos costeiros, há uma intensificação da atividade de extração de areia, bem como um aumento na construção de infraestruturas costeiras de forma desordenada (Vaz & Oliveira 2007). Estas alterações colocam

em risco os locais de desova (Graff 1996; Wallace *et al.* 2011). A iluminação artificial também desempenha um papel negativo na diminuição da qualidade dos locais de nidificação. Durante a emersão das crias, estas podem sofrer de desorientação se expostas a luzes artificiais, o que prolonga o tempo de exposição a predadores, pelo que na maior parte dos casos as crias recém-eclodidas não conseguem alcançar o mar, morrendo de exaustão (Lutcavage *et al.* 1997).

Durante a sua fase oceânica as tartarugas podem ser fortemente afetadas pela poluição, diretamente ou pela consequente degradação das zonas de alimentação. A cada ano mais de seis milhões de toneladas de lixo acaba nos oceanos e cerca de 90% contém plástico (Griffin *et al.* 2010). Estima-se que cerca de um terço das tartarugas-de-couro já tenha ingerido plástico, sendo os sacos de plástico o item mais ingerido, pois são muitas vezes confundidos com cnidários e outras presas desta espécie. O consumo involuntário de plástico acarreta problemas na saúde das tartarugas, como por exemplo o bloqueio do trato gastrointestinal (Mrosovsky *et al.* 2009). Igualmente resultante da atividade antrópica, a bioacumulação de metais pesados nos tecidos também afeta a sua saúde, nomeadamente ao nível do seu equilíbrio hormonal. Estudos recentes sobre as causas do surgimento de fibropapiloma (doença cutânea provocada por um vírus) demonstram que a doença surge na estreita dependência de fatores externos, apresentando uma maior incidência em tartarugas que se encontrem em locais poluídos (Griffin *et al.* 2010).

Finalmente, as alterações climáticas desencadeiam uma série de impactos negativos, não só no habitat como também no ciclo reprodutor destas espécies. As variações na temperatura e na circulação de massas de ar levam a um aumento do número e da intensidade de eventos climáticos extremos. Estes eventos poderão provocar inundações de ninhos, alterações do *sex-ratio* das crias, variações no tempo de incubação, o que afeta a taxa de sobrevivência das crias, alterações morfológicas da zona costeira e das áreas de alimentação e modificação das correntes oceânicas, que poderão influenciar negativamente as rotas migratórias. (Davenport 1997; Fuentes *et al.* 2011; Rees *et al.* 2016).

Tendo em conta as múltiplas ameaças que as tartarugas marinhas enfrentam, nas últimas décadas várias medidas de conservação foram aplicadas. Desde 1975, todas as tartarugas marinhas encontram-se protegidas pelo CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*). Em 1981 foram incluídas no Apêndice I, que proíbe toda a caça e comércio das espécies listadas (Donnelly 2011).

Em muitos países a captura de tartarugas marinhas é uma fonte importante de rendimento, o que representa um grande obstáculo para a aplicação de prioridades de conservação destas espécies (Wallace *et al.* 2011). Independentemente desta limitação, em quase todos os países em que as tartarugas marinhas se encontram presentes, realizam-se monitorizações a longo prazo de áreas de nidificação, sendo este o meio mais simples e económico para o estudo das variações na abundância de espécies a nível global (Mazaris *et al.* 2014). Durante as monitorizações muitas vezes os ovos são transferidos para centros de incubação de modo a aumentar a taxa de sucesso reprodutor (Balazs & Chaloupka 2004).

1.3. São Tomé

A ilha de São Tomé é um *hotspot* de biodiversidade para vários grupos de seres vivos, sendo importante para a nidificação e alimentação de diversas espécies de tartarugas marinhas. Nas suas praias reproduzem-se de forma regular quatro das sete espécies existentes a nível global: tartaruga-verde, tartaruga-de-couro, tartaruga-de-pente e tartaruga-oliva. De forma mais esporádica também existem registos de presença e desova de tartaruga-comum (J. Hancock *et al.* 2015). Estas espécies ocorrem ao longo da costa durante a época de reprodução, entre setembro e abril (Castroviejo & Juste 1994; Girard *et al.* 2016; Vieira *et al.* 2016).

São múltiplas as ameaças que colocam em risco a sobrevivência destas espécies na ilha de São Tomé, sendo a principal a caça artesanal (Graff 1996). Cerca de 62% da população vive abaixo do limiar de pobreza, devido à falta de oportunidades de emprego (*World Bank* 2016). Cerca de um terço da população depende do mar, tanto a nível económico como alimentar. Até 2014, a exploração e comércio de tartarugas marinhas representava uma fonte de rendimento direto para cerca de 42 famílias (Ferreira 2015). Nesse ano a caça e comércio de tartarugas marinhas e seus produtos foi proibida em São Tomé e Príncipe (Decreto de lei n. 07/2014), e apesar de haver uma redução visível no número de tartarugas capturadas, esta atividade ainda é comum, principalmente na zona norte da ilha e a venda de carne de tartaruga continuava a ser feita abertamente no mercado da capital em 2017 (J. Hancock & R. F. de Lima, *pers. comm*).

Em São Tomé, à semelhança do que se passa em muitos outros pontos do globo, as fêmeas reprodutoras e respetivas posturas são capturadas sobretudo na praia durante a desova, quando se encontram mais vulneráveis (Carvalho 2009). Entre novembro e janeiro, os adultos são também caçados em zonas do mar onde está a ocorrer a cópula, com recurso a redes ou à mão. Os juvenis são capturados de forma ocasional, com lanças (Ferreira 2015).

As tartarugas marinhas passam a maior parte do seu ciclo de vida no mar, o que constitui um desafio no que diz respeito à sua conservação. A forma mais precisa de compreender a sua demografia, bem como o seu estado de conservação, é através da monitorização das fêmeas nidificantes, para avaliar o tamanho da população, estrutura etária, biometrias e *output* reprodutivo (Broderick *et al.* 2003; Campbell 2007).

A monitorização e recolha de dados da nidificação de tartarugas marinhas nas principais praias da ilha de São Tomé tem sido realizada desde 1998, no âmbito do Programa Tatô, um projeto que visa conservar e estudar estas populações (Dontaine 2001). Entre 1998 e 2001 a monitorização decorreu ao longo de toda a ilha, com a coordenação e financiamento do programa da comissão europeia ECOFAC (Ecosystèmes Forestiers d'Afrique Centrale) (Fretey & Caruso 1999). A partir de 2003 a coordenação do programa Tatô passou para a responsabilidade da organização não governamental local MARAPA (MAR Ambiente e Pesca Artesanal), e a monitorização focou-se nas praias mais importantes: Morro Peixe e Micoló no norte, Santana a este, e Jalé e Inhame/Cabana no sul (Fretey *et al.* 2003; Carvalho 2009; Loloum & Neto 2013). Em 2012 a MARAPA aliou-se à organização ATM (Associação para a Proteção, Pesquisa e Conservação das Tartarugas Marinhas nos Países Lusófonos) para implementação de um programa de monitorização mais completo da ilha (Loloum & Neto 2013), que ainda está em curso. Entre os dados recolhidos, incluem-se, o número de rastos, ninhos, ovos e crias, profundidade do ninho e parâmetros biométricos das fêmeas, tais como o comprimento e a largura da carapaça. Na sua grande maioria estes dados, e principalmente os biométricos, ainda não foram sistematizados.

1.4. Objetivos

O objetivo desta tese é estruturar a informação existente e analisar as variações que ocorreram nas espécies de tartarugas nidificantes em São Tomé, nas últimas duas décadas. Mais especificamente pretende-se, para cada espécie:

- 1) Caracterizar as variações temporais na distribuição;
- 2) Avaliar a variação temporal e espacial do tamanho corporal das fêmeas;
- 3) Avaliar a variação temporal e espacial do número médio de ovos de cada postura;
- 4) Determinar a relação entre o tamanho corporal e o da postura.

2. Métodos

2.1. Área de Estudo

São Tomé é uma ilha oceânica localizada ao nível do equador no Golfo da Guiné, a cerca de 300 km da costa oeste africana (0° 20' N - 6°45'E; Fig. 2.3.1). Juntamente com a ilha do Príncipe constitui a República Democrática de São Tomé e Príncipe. São Tomé apresenta uma topografia acentuada e clima tropical quente e húmido. A ilha tem origem vulcânica e apresenta uma extensa costa com um elevado número de habitats, importantes para o ciclo biológico de numerosas espécies marinhas (Burlison & Tye 1991; Vaz & Oliveira 2007).

Nas praias de São Tomé nidificam quatro espécies de tartarugas marinhas: tartaruga-verde, tartaruga-de-couro, tartaruga-de-pente, tartaruga-oliva, localmente conhecidas por mão-branca, ambulância, sada e tatô, respetivamente (Kingshott 1995). Estas espécies dependem diretamente da ilha para completar o seu ciclo de vida, apresentando o pico de ocorrência entre o período de novembro a janeiro (Graff 1996; Vaz & Oliveira 2007; Girard *et al.* 2016).

A nidificação destas espécies pode ser observada em todas as praias arenosas da ilha, sendo quase inexistente na zona oeste, onde a orla costeira é principalmente rochosa, não oferecendo habitats adequados à nidificação (Graff 1996).

2.2. Espécies estudadas

2.2.1. Tartaruga-verde

É uma espécie com vasta distribuição em águas litorais tropicais e subtropicais. Ocorre por todo o oceano Atlântico, Pacífico e Índico, e no Mar Mediterrâneo, embora sejam raros os registos em águas temperadas (Seminoff 2004). Os adultos são predominantemente solitários, mas ocasionalmente podem formar grupos de alimentação em pradarias marinhas, onde consomem uma grande variedade de algas e alguns invertebrados (Bjorndal 1997; Jones & Seminoff 2013).

Apresenta um crescimento extremamente lento, sendo a espécie de tartaruga que mais tempo demora a atingir a sua maturação sexual, entre 25 e 50 anos (Chaloupka & Musick 1997; Hirth 1997; Goshe *et al.* 2010). Os valores médios de comprimento curvo da carapaça (CCL - *Curved Carapace Length*) variam entre 81,2 cm na Guiana Francesa, e 111,6 cm nas ilhas Comores, podendo atingir 150 cm de valor máximo (Márquez 1990; Jones & Seminoff 2013). É estimado que o período reprodutor se estenda por 17 a 23 anos (Carr *et al.* 1978). É difícil estipular uma época de nidificação fixa, pois esta varia de local para local. Ao longo da costa ocidental africana, incluindo o Golfo da Guiné, a época de nidificação ocorre entre os meses de novembro e fevereiro (Girard *et al.* 2016). Apresenta um intervalo reprodutor de dois a quatro anos, dependendo da população em estudo. Fazem duas a cinco posturas, com intervalos de duas semanas. Cada postura tem em média entre 85 e 195 ovos. A incubação dos ovos demora entre 48 a 70 dias (Hirth 1980; Márquez 1990). Têm preferência por praias abertas com berma bem definida, livres de substrato rochoso e com alguma vegetação (Mortimer 1990). Os principais locais de nidificação, são praias ao longo da costa de águas com temperaturas de 25°C.

Classificada pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) como uma espécie em Perigo (IUCN 2004). Esta espécie sofreu um acentuado declínio populacional em todos os oceanos nas últimas décadas e a sua abundância é considerada como um indicador-chave do estado em que se encontram as pradarias marinhas e recifes de coral (Chaloupka *et al.* 2008). É capturada principalmente com redes, arpões, ganchos nas áreas de alimentação, mas também durante a desova. São muitas vezes capturadas acidentalmente em redes de arrasto (Seminoff 2004).

2.2.2. Tartaruga-de-couro

É dos maiores répteis do planeta e de longe a maior tartaruga marinha, podendo alcançar até dois metros de CCL. Apresenta hábitos pelágicos e uma dieta à base de cnidários, essencialmente medusas (Carranza *et al.* 2006). De entre as várias espécies, apresenta a distribuição mais ampla, estendendo-se ao longo de latitudes temperadas e sub-polares (Wallace *et al.* 2013). Comparativamente às outras espécies a tartaruga-de-couro possui várias adaptações ao nível termorregulador, como pele coriácea, oleosa e espessa, que permite uma menor perda de calor proveniente do controlo do fluxo sanguíneo. Podem aquecer o seu corpo até 25°C, mantendo alguma independência da temperatura exterior, o que poderá levar a um crescimento mais rápido, em comparação com as outras espécies (Davenport 1997). A carapaça fusiforme é composta por quilhas longitudinais e centrais, o que lhes proporciona uma forma altamente hidrodinâmica que a permite mergulhar até profundidades superiores a 1 000 m em busca das suas presas (Crognale *et al.* 2008).

Alcançam a maturidade sexual entre os cinco e 14 anos, em média por volta dos nove anos, e o seu período reprodutor estende-se por 20 anos (Zug & Parham 1996). De dois em dois anos, deslocam-se ao longo de águas costeiras tropicais e subtropicais para se reproduzirem. Emergem em praias com grandes areais, sem obstáculos e com um declive suave a moderado (Kamel & Mrosovsky 2004, 2006). Desovam três a 10 vezes por época, com intervalo de 10 dias, cada ninho com 60 a 90 ovos, dos quais apenas metade são viáveis (Davenport 1997; Reina *et al.* 2002; Girard *et al.* 2016). Os principais locais de nidificação estão localizados no nordeste da América do Sul e Trinidad, e no oeste da costa central africana (Fossette *et al.* 2008). A principal zona de nidificação africana é o Golfo da Guiné, com populações importantes na Guiné Equatorial (principalmente na ilha de Bioco), no Gabão, e em São Tomé e Príncipe. Nesta região a oviposição ocorre entre outubro e abril (Graff 1996; Kamel & Mrosovsky 2004; Carranza *et al.* 2006).

Está classificada pela UICN como Vulnerável (IUCN 2013). A principal ameaça é a pesca por palangre, com centenas de tartarugas-de-couro a serem capturadas com recurso a essa técnica todos os anos. A sua carne e ovos são utilizados para consumo, e a sua pele para produção de óleos (Lewison *et al.* 2004; Fossette *et al.* 2008; Wallace *et al.* 2013).

2.2.3. Tartaruga-de-pente

Juntamente com a tartaruga-verde é das espécies com distribuição mais tropical. Encontra-se distribuída ao longo do Atlântico central bem como pelo Índico e Pacífico (Mortimer & Donnelly 2008). Na costa atlântica de África, o Golfo da Guiné tem populações importantes, que se concentram sobretudo em Bioco (Guiné Equatorial), mas também em São Tomé e Príncipe (Castroviejo *et al.* 1994). Apresenta uma dieta omnívora, bastante variável em função do local do globo. A maioria dos indivíduos encontra-se em recifes coralinos, lagoas e baías, onde se alimenta de esponjas e corais moles, desempenhando um papel importante nos sistemas coralinos (Bjorndal 1997).

Atinge a maturidade sexual entre os 20 e 40 anos, e o CCL dos adultos varia entre 60 e 80 cm (Chaloupka & Musick 1997). Reproduz-se a cada dois ou três anos, desovando em praias insulares ou continentais. A época de nidificação varia consoante o local, mas em São Tomé e Príncipe ocorre principalmente entre os meses de novembro e janeiro, correspondentes à época quente e pluviosa (Girard *et al.* 2016). Preferem praias estreitas, com algum declive e zonas de vegetação bem definida. Os ovos são depositados em sectores com alguma vegetação, frequentemente em praias com pouca acessibilidade, associadas a bancos rochosos na zona infralitoral (Kamel & Mrosovsky 2006; Vaz & Oliveira 2007; Girard *et al.* 2016). Em cada época constroem entre dois a três ninhos, depositando entre 60 e 200 ovos por ninho. A incubação dura

em média entre 50 e 75 dias e as crias emergem principalmente de noite e madrugada (Márquez 1990).

Classificada como Criticamente em Perigo (IUCN 2008), é uma espécie única, pois para além de se conseguir obter os produtos usuais da sua carcaça e os ovos, os escudos da sua carapaça e plastrão são utilizados no fabrico de peças utilitárias, de arte e decoração (Mortimer & Donnelly 2008), que são altamente valorizados nos mercados internacionais, nomeadamente no Japão (Humber *et al.* 2014). Apesar de ser das espécies com maior número de capturas, as restrições impostas pela CITES levaram a uma diminuição substancial das exportações de material proveniente da carapaça (Márquez 1990).

2.2.4. Tartaruga-oliva

A tartaruga-oliva é a espécie de tartaruga marinha mais abundante a nível global. Apresenta uma distribuição pantropical, com maior incidência no hemisfério norte, tendo como limites de distribuição a isotérmica de 20°C de temperatura média da superfície da água do mar (Pritchard 1997; Carranza *et al.* 2006). Migra habitualmente ao longo da costa continental, alimentando-se de plâncton, crustáceos, moluscos e peixe, em águas pouco profundas (Jones & Seminoff 2013).

Alcança a maturidade sexual por volta dos 13 anos, sendo a espécie de menores dimensões com um CCL máximo de 75 cm (Zug *et al.* 1996). Surgem na zona central africana entre agosto e fevereiro (Girard *et al.* 2016). Têm preferência por praias amplas e isoladas, com elevados níveis de humidade e ligeira inclinação (Lopez-Castro *et al.* 2004; Hart *et al.* 2014). Cerca de 60% das fêmeas desta espécie apresenta um ciclo reprodutor anual, podendo nidificar entre duas a seis vezes por temporada, com um intervalo de 14 a 28 dias entre cada postura. Por cada ninho colocam entre 100 e 120 ovos, e o período de incubação estende-se por 45 a 65 dias (Márquez 1990; Abreu-Grobois & Plotkin 2008).

Atualmente encontra-se classificada como Vulnerável (IUCN 2008). Para além de ser caçada para consumo da carne e dos ovos, esta espécie é essencialmente caçada para uso da sua pele (Abreu-Grobois & Plotkin 2008).

2.3. Recolha de Dados

Os dados utilizados neste estudo foram compilados a partir dos registos do Programa Tatô para três períodos: entre 1998 e 2001, quando foi gerido pela ECOFAC, entre 2004 e 2008, quando foi gerido pela MARAPA, e entre 2012 e 2017, quando foi gerido pela ATM. Nestes três períodos o programa seguiu protocolos de recolha de dados semelhantes. A recolha de dados foi efetuada durante as campanhas de monitorização das fêmeas nidificantes, entre os meses de agosto e abril, ao longo da costa da ilha de São Tomé (Fig. 2.3.1). Os dados foram recolhidos durante patrulhas noturnas em períodos variáveis entre as 18:00 e as 6:00 da manhã do dia seguinte, com duração média de 4h, normalmente realizadas por um ou dois guardas locais, treinados na identificação e distinção de rastos e de espécies. Adicionalmente, e exclusivamente durante o período liderado pela ECOFAC, alguns dados foram obtidos a partir da captura dos indivíduos nas praias e/ou em redes de pesca artesanais, com posterior entrega pelos pescadores locais em troca de uma compensação monetária por parte das entidades responsáveis, com a subsequente libertação dos animais.

Para o presente estudo foram analisados unicamente o CCL e o número de ovos de cada postura. O CCL corresponde à distância entre o extremo anterior central da escama nual e o ponto externo de contacto das duas escamas supra-caudais, e foi medido com recurso a uma fita métrica flexível de 1,5 metros. O número total de ovos de cada postura foi contabilizado pelos

guardas responsáveis pelas patrulhas, durante a oviposição ou durante a transposição dos ninhos para um dos 5 centros de incubação existentes na ilha.

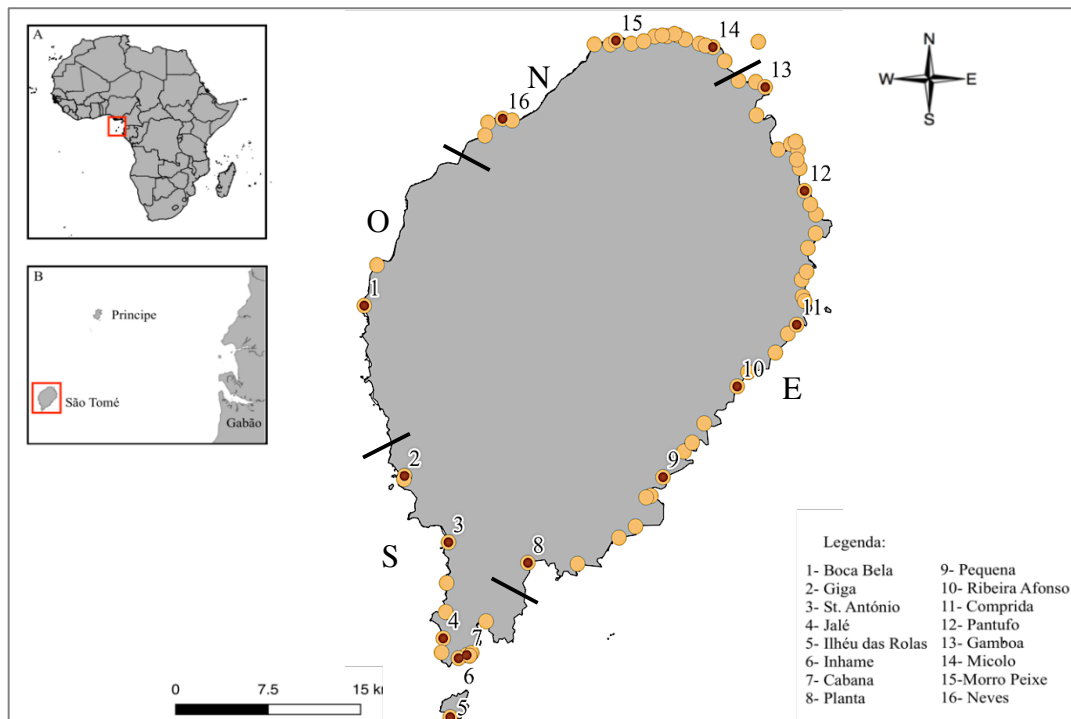


Figura 2.3.1- Localização da área de estudo. Os mapas no canto superior esquerdo fazem o enquadramento geográfico da ilha de São Tomé em África (A) e no Golfo da Guiné (B). Os pontos amarelos indicam todas as praias amostradas na ilha, a auréola castanha os grupos de praias com maior interesse e incidência de amostragem, os traços dividem as diferentes zonas da ilha, norte (N), este (E), sul (S) e oeste (O).

2.4. Compilação de Dados

Foram selecionados os dados relativos a fêmeas adultas capturadas nas praias que incluíssem a data de observação, a identificação da espécie e a marcação do indivíduo. O critério para exclusão pelo tamanho foi baseado nos valores mínimos de fêmeas reprodutoras registados pela ATM: 80 cm para a tartaruga-verde, 100 cm para a tartaruga-de-couro, 80 cm para a tartaruga-de-pente e 65 cm para a tartaruga-oliva.

O nome das praias foi estandardizado, e a cada uma foram atribuídas as coordenadas geográficas correspondentes ao seu ponto médio. Praias vizinhas com um número reduzido de registos (1-10 indivíduos) foram consideradas como uma única praia. Utilizando como critério a orientação geográfica, as praias foram agrupadas em zona norte, de Neves até Juventude, este, de Diogo Nunes até Planta, sul, de Malanza até Giga, e oeste, de Boca Bela até Neves (Fig. 2.3.1).

Todos os dados foram divididos em três períodos temporais: o G1 de 1998 a 2001, o G2 de 2004 a 2008 e o G3 de 2012 a 2016. Destes períodos principais resultaram ainda o G1', de 1998 a 2001, e o G3', de 2014 a 2017, que compreendem apenas os dados recolhidos de novembro a janeiro.

2.5. Análise de Dados

Para a análise da variação temporal e espacial de registros de fêmeas ao longo da ilha, foram utilizados dados de monitorizações e censos. Apenas foram considerados os subgrupos temporais G1' e de G3', porque contêm o intervalo de tempo que foi amostrado de forma consistente durante todo o programa de monitorização e porque coincide com o pico do número de tartarugas a emergir nas praias. De forma a mapear a presença espacial de fêmeas reprodutoras em cada praia recorreu-se ao *software* QGIS 2.18 (2017).

Com o objetivo de analisar a variação temporal do CCL e nº de ovos, foram utilizados os dados do G1, G2 e G3, para comparar, para cada espécie: (1) o CCL por período temporal; (2) o CCL por zonas; (3) o CCL por zona e período temporal; (4) o tamanho da postura por período temporal, (5) o tamanho da postura por zona e (6) o tamanho da postura por zona e período temporal. A existência de diferenças entre cada categoria, nas comparações acima mencionadas, foi testada através de modelos lineares generalizados (GLM - *generalized linear models*), exceto para as comparações 3) e 6), que foram testadas com modelos lineares mistos generalizados (GLMM- *generalized linear mixed models*), com as zonas como fatores aleatórios. Estes testes foram feitos em R 3.3.3 (R core team 2017), com recurso aos pacotes “multcomp” (Bates *et al.* 2015) e “lme4” (Hothorn *et al.* 2008), e considerando níveis de significância de 95% (Zuur *et al.* 2009)

Os valores mínimo, máximo e médio de CCL e do tamanho da postura, para as diferentes espécies em estudo noutros locais do globo foram compilados com recurso a uma pesquisa bibliográfica de artigos e livros científicos, nas bases de dados *b-on* (2017) e *google scholar* (2017).

Finalmente, a correlação entre o CCL e o número de ovos foi testada para cada espécie de tartaruga, utilizando o coeficiente de *Spearman*. Para as espécies com mais registos foram calculadas as correlações entre CCL e número de ovos, por grupo temporal (R core team 2017).

3. Resultados

3.1. Alterações na distribuição dos registos de fêmeas reprodutoras

Em São Tomé houve um total de 71 praias com presença de fêmeas reprodutoras. No G1' houve registo de pelo menos uma espécie em 60 praias, oito das quais apenas tiveram registos neste período, enquanto que no G3' houve registos em 63 praias, das quais 11 foram apenas neste período (Tab. 3.1). As quatro espécies em estudo apresentaram diferenças de distribuição de registos entre os períodos G1' e G3' (Fig. 3.1.1).

A presença de tartaruga-verde foi registada em 19 praias durante o G1', maioritariamente no norte e este da ilha, mas também no extremo sul. No G3' esta espécie foi registada pela primeira vez em 21 praias, em especial no sul da ilha, tendo ao mesmo tempo deixado de ser registada em 7 praias, sobretudo no norte e este da ilha.

A tartaruga-de-couro foi registada em 19 praias durante o G1', principalmente ao longo das zonas norte e sul. No G3', 10 locais deixaram de apresentar registos, e em contrapartida ocorreram registos em 8 novos locais num total de 17 distribuídos pelas diferentes zonas da ilha.

A presença de indivíduos de tartaruga-de-pente foi registada em 24 praias durante o G1', maioritariamente no este e sul da ilha. Esta espécie foi registada pela primeira vez, em G3' ao longo de 14 praias, em especial a oeste da ilha, deixando de ser registada em 13 praias, sobretudo no norte e este da ilha.

A tartaruga-oliva foi registada em 26 locais no G1', maioritariamente a este da ilha. No G3' há registos em 29 locais, e pela primeira vez em 12 locais, muitos deles no sul da ilha. A presença da espécie manteve-se na maioria das praias do norte, havendo poucos registos na zona oeste. No G3' há 25 praias onde deixou de haver registos em comparação com o G1'.

De uma forma geral, o número total de registos de espécies por praia manteve-se entre os dois períodos em análise. Um total de 55 locais não apresentaram registos de presença de indivíduos em G3', mas em contrapartida 58 novos locais tiveram registos só em G3' (Fig. 3.1.1). Tanto no G1' (Sete ondas, Comprida, Fernão Dias e Micoló) como no G3' houve quatro praias (Cabana, Comprida, Inhame e Jalé) a registar todas as espécies de estudo. Apenas na praia de Ribeira Afonso, localizada na zona este, desapareceram três espécies: tartaruga-verde, de-couro e oliva. Por outro lado, no G3' registou-se pela primeira vez a presença de uma espécie em 25 praias, de duas em oito, e de três em cinco.

Tabela 3.1.1- Praias com registos de fêmeas de pelo menos uma espécie ao longo dos dois períodos temporais (G1' e G3').

	<i>Nº total</i>	<i>Em apenas um dos grupos temporais</i>
G1' (1998 a 2001)	60	8 (Brigada, Gamboa, Governador, Melão, Ribeira Afonso, S. Catarina, Tamarindos, Toma Neves)
G3' (2014 a 2017)	63	11 (Brasil, Contador, Foz Rio, Guembu, Io Grande, Malanza, Manuel Jorge, Pequena, Planta, S. Carmo, Vila Maria)

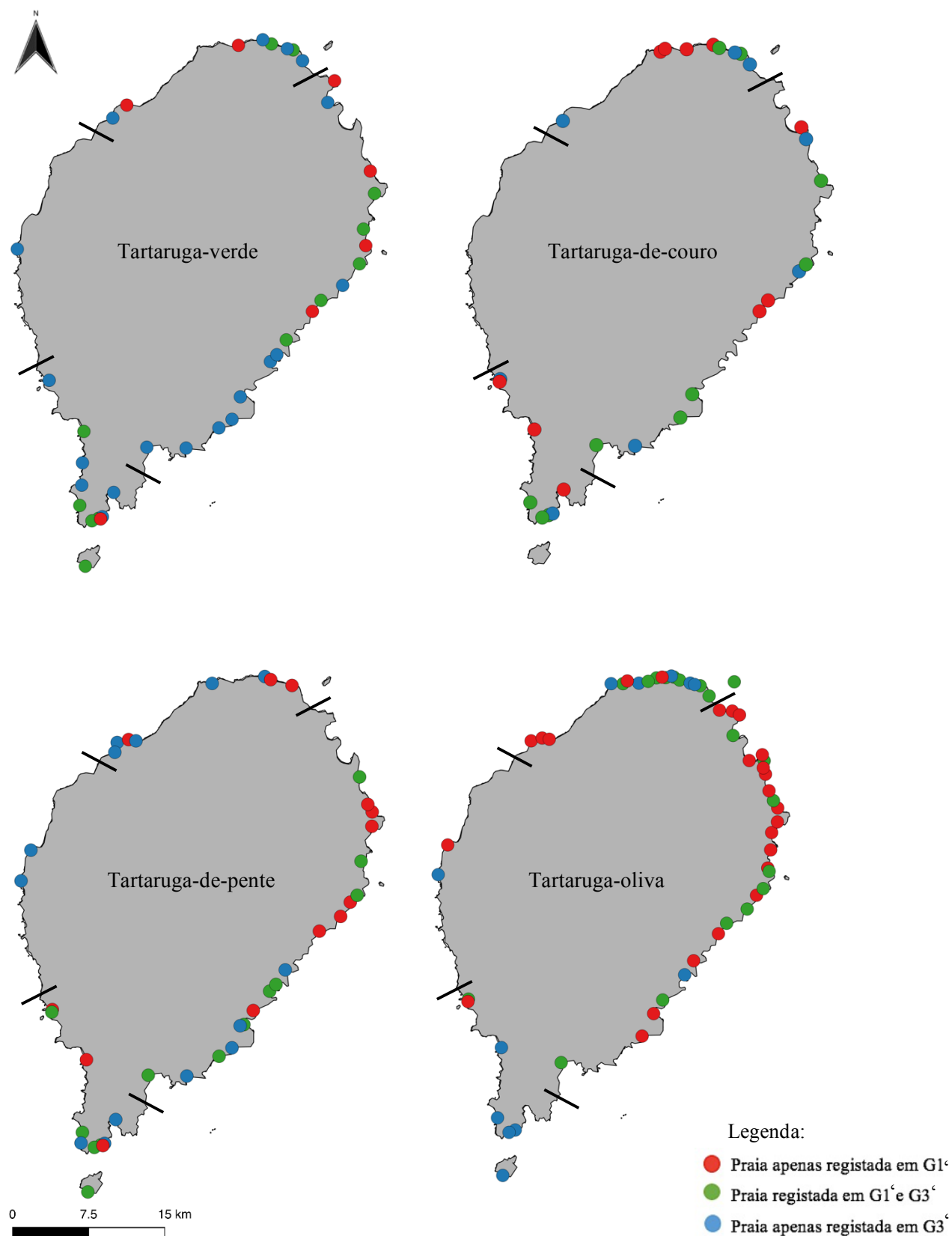


Figura 3.1.1- Mapas de variação espacial dos registos de presença de fêmeas de tartaruga-verde, tartaruga-de-couro, tartaruga-de-pente e tartaruga-oliva, observadas na ilha de São Tomé em dois períodos de estudo: G1' (1998–2001) e G3' (2014–2017). Os traços representam as divisões por zonas.

3.2. Variação temporal do número de fêmeas observadas

No G1' foram registadas 934 fêmeas de todas as espécies, enquanto que no G3' se registaram 1016.

A tartaruga-oliva apresentou o maior número de registos em ambos os períodos: 666 e 537, respetivamente. Segue-se a tartaruga-verde, que apresentou apenas 58 registos no G1', mas 374 no G3'. O número de registos de tartaruga-de-pente diminuiu de 106 no G1' para 72 no G3', assim como o de tartaruga-de-couro, de 104 no G1' para 33 no G3'.

Houve também uma variação da proporção de registos de fêmeas entre os dois períodos. A proporção de registos de tartaruga-verde, de couro e de pente aumentou na zona sul e diminuiu no este. Em contrapartida, a proporção de registos de tartaruga-oliva aumentou na zona norte (Fig. 3.2.1). Em termos gerais é de salientar o reduzido número de fêmeas registadas nas praias da zona oeste.

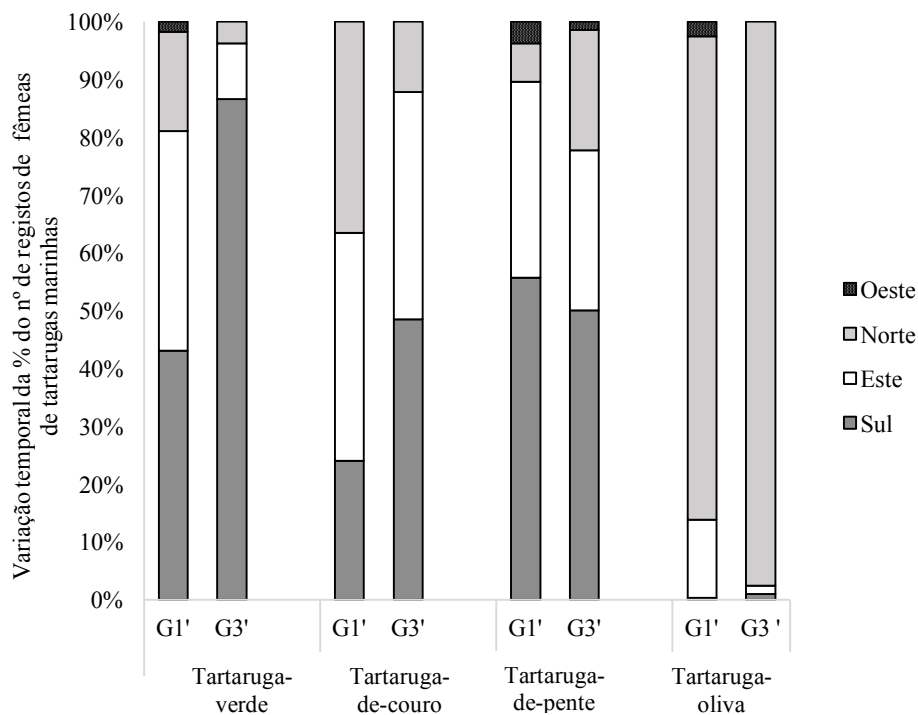


Figura 3.2.1- Variação temporal da proporção de tartarugas marinhas fêmeas de cada espécie registadas nas praias das quatro zonas de São Tomé. O G1' corresponde ao período entre 1998 e 2001, e o G3' ao período entre 2014 e 2017.

3.3. Variação temporal e espacial do tamanho das fêmeas

3.3.1. Tartaruga-verde

O CCL da tartaruga-verde em São Tomé variou entre 81 cm e 163 cm (N=762), com uma média de $98,3 \pm 7,33$ cm (Tab.A1). Este valor situa-se dentro dos valores médios registados a nível global, que variam entre 91,5 cm no Chipre e 108,9 cm na Ilha Europa, no canal de Moçambique (Fig. 3.3.1.1). No entanto a amplitude de valores de CCL em São Tomé é maior do que a registada noutros locais.

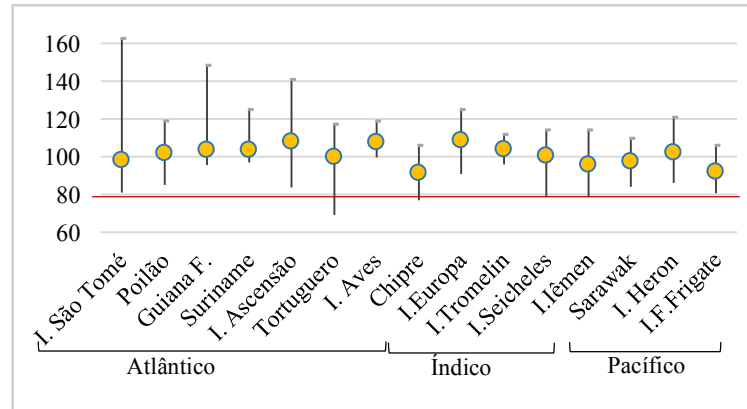


Figura 3.3.1.1- Valores médios de CCL ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-verde. No eixo das abcissas é indicado o local onde foram registadas as medidas das tartarugas e no das ordenadas o valor médio de CCL (cm). Círculos representam a média e os segmentos de reta a variação entre os valores mínimo e máximo.

Considerando a variação temporal no CCL desta espécie em São Tomé foram verificadas diferenças significativas entre todos os períodos (Tab.3.3.4.1), tendo havido um aumento do G1 ($95,8 \pm 6,47$ cm, N=108) para o G2 ($99,5 \pm 7,47$ cm, N=270) e um ligeiro decréscimo do G2 para o G3 ($98,1 \pm 6,97$ cm, N=384) (Fig. 3.3.4.2).

Relativamente à variação espacial, os indivíduos das zonas este e sul apresentam uma média semelhante ($100,2 \pm 14,54$ cm, N=50 e $98,3 \pm 6,40$ cm, N=697, respetivamente), e superior à média dos indivíduos da zona norte ($93,2 \pm 5,87$ cm, N=14 –Tab. 3.3.4.1 e Fig. 3.3.4.2). Não foram feitas comparações com a zona oeste pois houve uma única observação, de um indivíduo de pequenas dimensões (86,0 cm).

3.3.2. Tartaruga-de-couro

O tamanho dos indivíduos de tartaruga-de-couro, em São Tomé variou entre 100 cm e 180 cm (N=181), com uma média de $145,0 \pm 13,20$ cm (Tab.A1). O valor médio mencionado encontra-se dentro dos valores registados a nível global, onde o CCL médio varia entre 141 cm em Naranjo, na Costa Rica e 159,8 cm em Estado de Espírito Santo, no Brasil (Fig. 3.3.2.1). É de notar que o valor mínimo de São Tomé é relativamente pequeno em comparação com os outros locais.

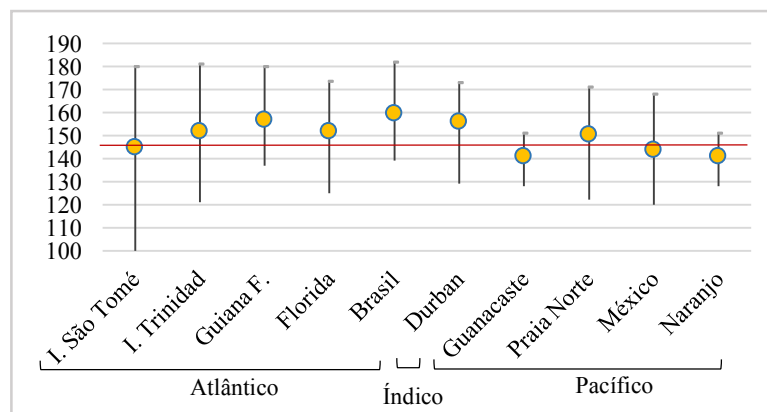


Figura 3.3.2.1- Valores médios de CCL ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-de-couro. No eixo das abcissas é indicado o local onde foram registadas as medidas das tartarugas e no das ordenadas o valor médio de CCL (cm). Círculos representam a média e os segmentos de reta a variação entre os valores mínimo e máximo.

No caso de São Tomé as médias de CCL dos três períodos temporais não apresentaram diferenças significativas (Tab. 3.3.4.1 e Fig. 3.3.4.2). Os três períodos apresentaram médias semelhantes (G1: $146,3 \pm 12,81$ cm, N=110; G2: $143,5 \pm 16,23$ cm, N=44; G3: $143,2 \pm 6,78$ cm, N=27).

Ao longo das diferentes zonas geográficas amostradas não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os tamanhos corporais (Tab. A2. este: $142,3 \pm 17,74$ cm, N=50; sul: $145,5 \pm 11,71$ cm, N=87; norte: $148,0 \pm 8,06$ cm, N=44).

3.3.3. Tartaruga-de-pente

Em São Tomé o CCL da tartaruga-de-pente variou entre 65 cm e 104 cm (N=218) apresentando uma média de $80,7 \pm 5,33$ cm (Tab.A1). Em comparação com registos de outras localidades, apresenta grande amplitude de valores. De uma forma global os valores de CCL variam entre 69 cm em Seil Ada Kebir, no Sudão e 97,4 cm no nordeste do Brasil (Fig. 3.3.3.1).

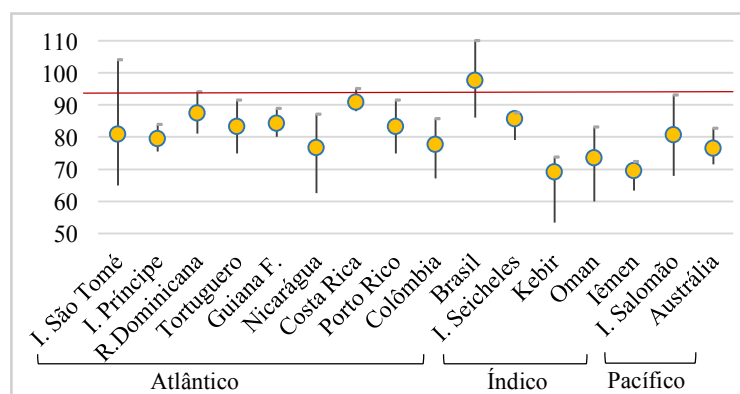


Figura 3.3.3.1- Valores médios de CCL ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-de-pente. No eixo das abcissas é indicado o local onde foram registadas as medidas das tartarugas e no das ordenadas o valor médio de CCL (cm). Círculos representam a média e os segmentos de reta a variação entre os valores mínimo e máximo.

Relativamente aos dados de São Tomé, as médias do CCL não apresentaram diferenças significativas ao longo dos três períodos temporais (G1: $80,7 \pm 5,23$ cm, N=146; G2: $80,0 \pm 8,78$ cm, N=18; G3: $80,9 \pm 6,73$ cm, N=54).

Entre as diferentes zonas geográficas não houve diferenças significativas nas médias de CCL (Tab.A2. este: $80,3 \pm 6,06$ cm, N=56; norte: $79,0 \pm 4,42$ cm, N=15; oeste: $83,7 \pm 6,18$ cm, N=9; sul: $80,8 \pm 6,01$ cm, N=138) (Fig. 3.3.4.2 e Tab. 3.3.4.1).

3.3.4. Tartaruga-oliva

A tartaruga-oliva apresentou valores de CCL compreendidos entre 60 cm e 80 cm (N=1442), apresentando uma média de $69,9 \pm 2,33$ cm (Tab. A1). Globalmente os valores médios variam entre 62,9 cm (México) até ao valor máximo de 73,1cm (Brasil). É de notar que o CCL médio de São Tomé é o segundo maior do conjunto de dados (Fig. 3.3.4.1).

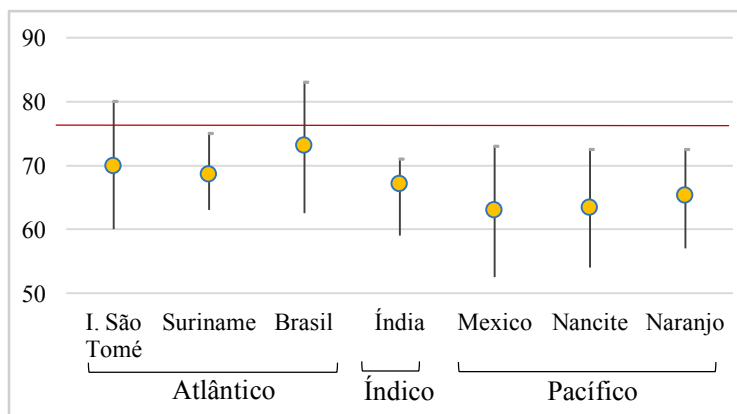


Figura 3.3.4.1- Valores médios de CCL ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-oliva. No eixo das abcissas é indicado o local onde foram registadas as medidas das tartarugas e no das ordenadas o valor médio de CCL (cm). Círculos representam a média e os segmentos de reta a variação entre os valores mínimo e máximo.

Relativamente à variação temporal das médias do CCL em São Tomé, estas apresentaram diferenças estatisticamente significativas (Tab. 3.3.4.1 e Fig. 3.3.4.2). É possível constatar que a média do CCL tem vindo a diminuir ao longo do tempo: do G1 ($70,4 \pm 2,02$ cm, N=788) para G2 ($69,98 \pm 2,22$ cm, N=148) e para G3 ($69,0 \pm 2,49$ cm, N=506).

Espacialmente, esta espécie não apresentou diferenças significativas de zona para zona, (Tab.A2. este= $69,9 \pm 2,57$ cm, N=135; norte= $69,9 \pm 2,31$ cm, N=1277; oeste= $70,3 \pm 2,29$ cm, N=22; sul= $69,4 \pm 2,26$ cm, N=8).

Tabela 3.3.4.1- Resultados dos modelos linear, relativo ao CCL, para as quatro espécies de tartarugas. Em que: “t” corresponde ao valor da estatística do teste de Tukey; “*” representa os casos em que $p < 0,05$, ou seja, em que há diferenças significativas entre as médias do valor de CCL; “--” casos em que apenas ocorreu uma observação; “sr” casos em que não ocorreu nenhum registo.

	Tartaruga-verde		Tartaruga-de-couro		Tartaruga-de-pente		Tartaruga-oliva	
	t	P-value	t	P-value	t	P-value	t	P-value
G1-G2	4,579	$<1e^{-4}$ *	-1,199	0,450	-0,448	0,892	-2,344	0,048*
G3-G1	3,067	0,00474*	-1,103	0,508	0,232	0,970	-11,154	$<0,001$ *
G3-G2	-2,359	0,02360*	-0,094	0,995	0,547	0,844	-4,553	$<0,001$ *
N-E	-3,233	0,00507*	2,122	0,088	-0,776	0,855	0,140	0,999
O-N	--	--	sr	sr	1,886	0,219	0,744	0,862
S-N	2,619	0,03443*	-1,044	0,549	1,104	0,668	-0,645	0,905
S-E	-1,848	0,21333	1,384	0,350	0,471	0,962	-0,594	0,924
S-O	--	--	sr	sr	-1,439	0,454	-0,942	0,756*
O-E	--	--	sr	sr	1,586	0,366	0,751	0,859

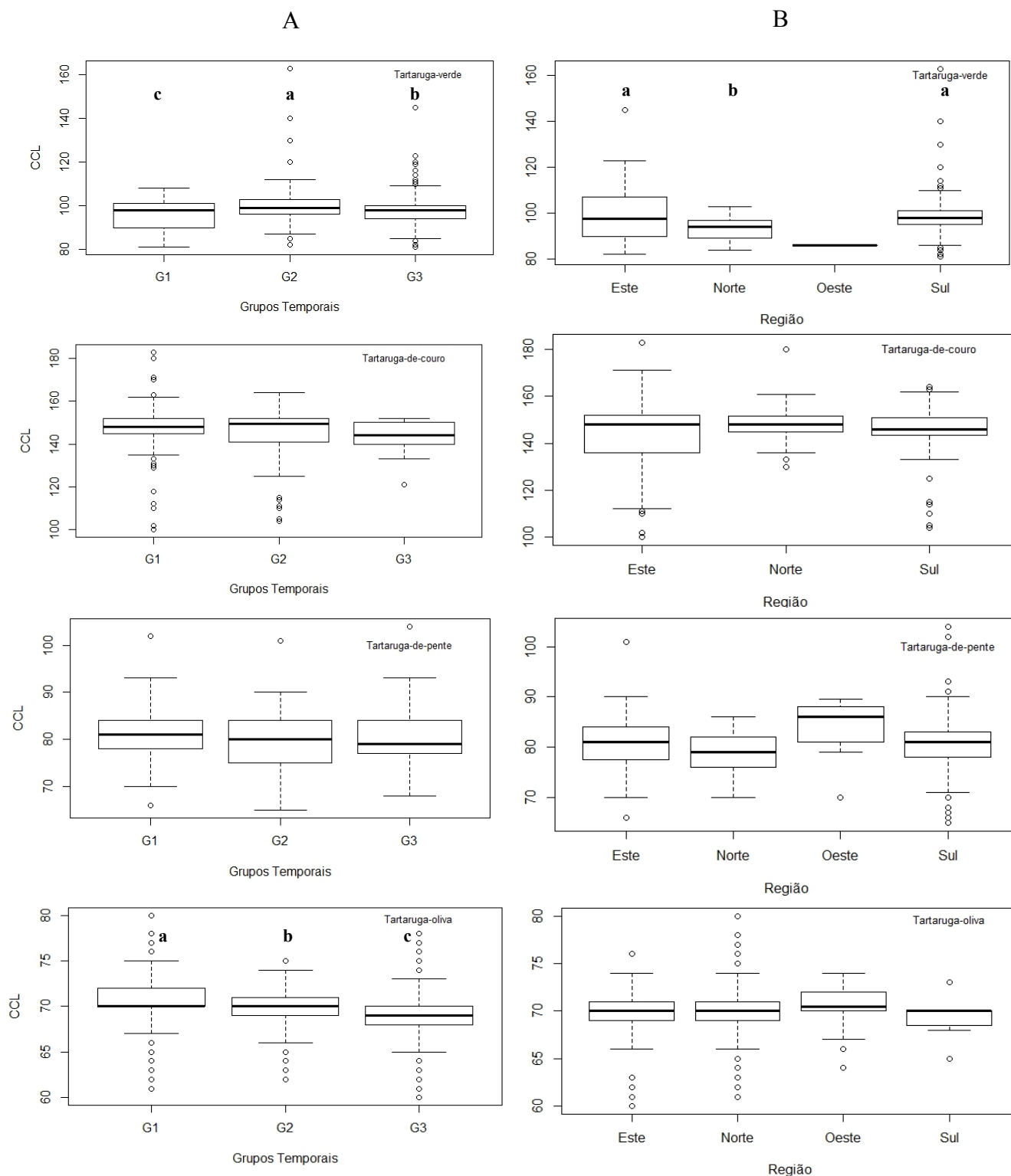


Figura 3.3.4.2- Variação temporal (A) e espacial (B) do valor médio de CCL de tartaruga-verde, tartaruga-de-couro, tartaruga-de-pente e tartaruga-oliva. O G1 corresponde ao período entre 1998 e 2001, o G2 ao período entre 2004 e 2008, e o G3 ao período entre 2012 e 2016. O retângulo superior representa o primeiro quartil, o inferior o terceiro quartil e o segmento dentro do retângulo representa a mediana. Os bigodes abrangem entre o mínimo e máximo amostral. Os *outliers* foram definidos como valores que se encontram fora do intervalo $[Q1 - 1,5 \times IQR; Q3 + 1,5 \times IQR]$ em que Q1 e Q3 representam o primeiro e terceiro quartis e IQR representa $Q3 - Q1$ (Houffmann 1981). As letras minúsculas indicam as diferenças significativas entre valores médios, bem como qual das médias é superior, considerando que $a > b > c$.

A comparação de variações temporais para cada uma das espécies, usando GLMM (Tab. 3.3.4.2), apresentou resultados idênticos ao do GLM, havendo diferenças para todos os grupos temporais, apenas para a tartaruga-verde e a oliva.

Tabela 3.3.4.2- Comparação do CCL entre períodos (G1, G2 e G3) com recurso a GLMM, para as quatro espécies de tartaruga em estudo. “z” corresponde ao valor da estatística de GLMM, sendo também indicados o “p-value” correspondente, com o “*” a indicar os casos em que existem diferenças significativas ao nível de significância de 0,05.

	Tartaruga-verde		Tartaruga-de-couro		Tartaruga-de-pente		Tartaruga-oliva	
	z	P-value	z	P-value	z	P-value	z	P-value
G1-G2	4,733	<1e ⁻⁴ *	-1,688	0,208	-0,448	0,892	-2,434	0,038*
G3-G1	3,136	0,00474*	-1,449	0,314	0,232	0,970	-11,361	<0,001*
G3-G2	-2,613	0,02360*	0,065	0,998	0,547	0,844	-4,697	<0,001*

3.4. Variação temporal e espacial do número médio de ovos por postura

3.4.1. Tartaruga-verde

O número médio de ovos por postura de tartaruga-verde em São Tomé variou entre 26 e 192 ($N_{\text{número de ninhos}}=463$), apresentando uma média de $113,5 \pm 25,24$ ovos (Tab. A3). Este valor situa-se dentro dos valores médios registados a nível global (Fig. 3.4.1.1), compreendidos entre 90 nas Ilhas Seicheles e 147 na ilha Europa, no canal de Moçambique.

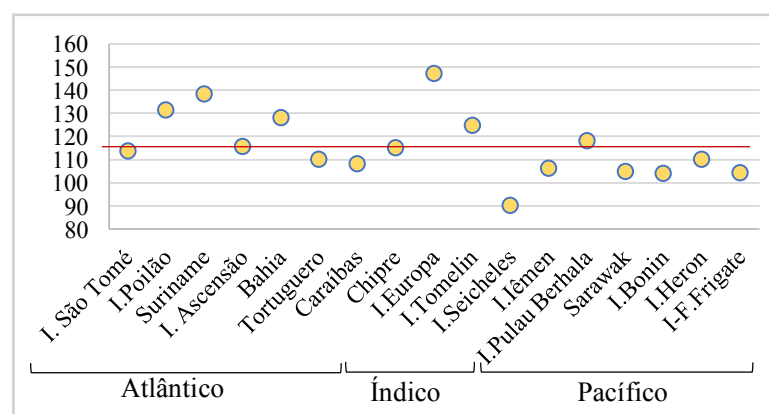


Figura 3.4.1.1- Valores médios do número de ovos ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-verde. No eixo das abcissas é indicado o local e oceano onde foram registadas as medidas das tartarugas e no das ordenadas o valor médio do número de ovos. Círculos representam a média.

Em São Tomé foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as médias do número de ovos no G1 e G3, observando-se uma diminuição no número médio ($120,2 \pm 22,51$, $N=78$; $109,0 \pm 24,09$, $N=117$, respetivamente) (Tab. 3.4.4.1 e Fig. 3.4.4.2).

Em termos espaciais verificou-se que a zona norte e sul apresentam médias semelhantes ($113,7 \pm 20,54$, $N=6$; $114,4 \pm 25,30$, $N=430$, respetivamente). Em contrapartida a média da zona este é significativamente diferente e mais baixa que as duas anteriores ($98,8 \pm 20,91$, $N=27$) (Tab. 3.4.4.1 e Tab. A4).

3.4.2. Tartaruga-de-couro

Em São Tomé a média de número de ovos por postura variou entre 11 e 166 (N=69), com uma média de $98,4 \pm 26,30$ ovos por ninho (Tab. A3). De uma perspectiva global os valores variam entre 62 no México, a 104 em Durban, África do Sul. São Tomé apresenta o segundo valor mais elevado de número médio de ovos depositados por ninho (Fig. 3.4.2.1).

É de salientar que esta espécie é a que apresenta um menor número de ovos depositados por ninho, nos diversos locais incluídos neste estudo.

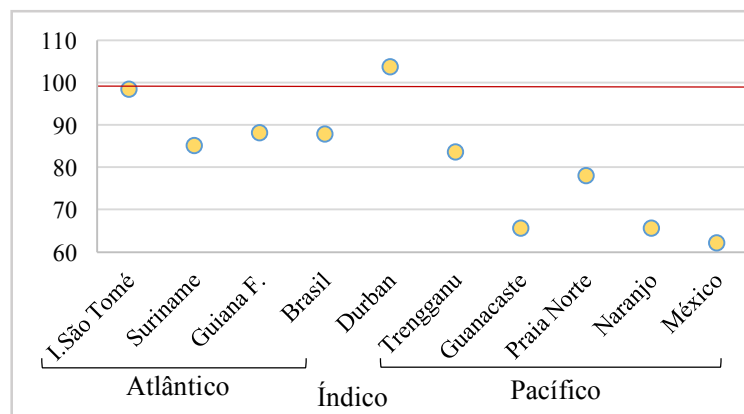


Figura 3.4.2.1- Valores médios do número de ovos ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-de-couro. No eixo das abcissas é indicado o local e oceano onde foram registadas as medidas das tartarugas e no das ordenadas o valor médio do número de ovos. Círculos representam a média.

Em São Tomé não foram observadas diferenças significativas entre o número médio de ovos ao longo dos três períodos (G1: $88,9 \pm 29,10$, N=16; G2: $99,2 \pm 26,54$, N=42; G3: $108,9 \pm 16,54$, N=11) (Tab. 3.4.4.1 e Tab. A4).

Não foram encontradas diferenças significativas, na média de número de ovos entre zonas (norte: $90,8 \pm 33,87$, N=12; sul: $98,6 \pm 24,40$, N=53; este: $118,0 \pm 19,97$, N=4).

3.4.3. Tartaruga-de-pente

O número médio de ovos por postura variou entre 71 e 200 (N=68), exibindo uma média total de $128,8 \pm 28,13$ ovos por ninho (Tab. A3). Globalmente o valor do número médio de ovos compreende-se entre o mínimo de 73 em Seil Ada Kebir, no Sudão e o máximo de 182 nas ilhas Seicheles. São Tomé apresenta um valor médio aquando comparado com os outros locais (Fig. 3.4.3.1).

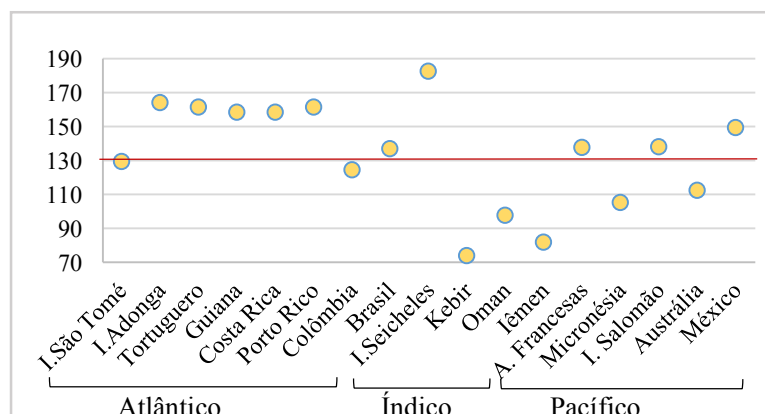


Figura 3.4.3.1- Valores médios do número de ovos ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-de-pente. No eixo das abcissas é indicado o local e oceano onde foram registadas as medidas das tartarugas e no das ordenadas o valor médio do número de ovos. Círculos representam a média.

Temporalmente em São Tomé, o número médio de ovos manteve-se, pois não foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos temporais. A média de G1 ($128,0 \pm 28,04$, N=24), de G2 ($127,4 \pm 25,76$, N=17) e de G3 ($130,4 \pm 30,51$, N=27) são semelhantes (Tab. 3.4.4.1 e Tab. A4).

Relativamente ao número de ovos por zona geográfica não se observaram diferenças significativas entre a zona sul e este (sul: $128,5 \pm 27,50$, N=60 e este: $128,8 \pm 28,85$, N=6). As zonas norte e oeste não foram consideradas nesta análise pois apenas apresentam um registo cada (Tab. 3.4.4.1 e Fig. 3.4.4.2).

3.4.4. Tartaruga-oliva

Os valores médios de número de ovos por postura registados em São Tomé estão compreendidos entre 16 e 165 (N=679), com uma média de $118,2 \pm 18,69$ ovos por ninho (Tab. A3). Em termos globais esta espécie apresenta um valor mínimo de 100 ovos por ninho, no México e no Brasil, e um valor máximo de 130 ovos na própria ilha de Adonga, na Guiné-Bissau (Fig.3.4.4.1).

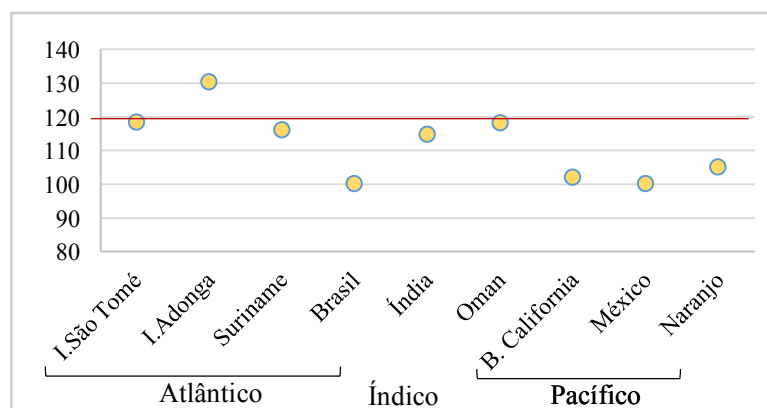


Figura 3.4.4.1- Valores médios do número de ovos ao longo do globo, para fêmeas de tartaruga-oliva. No eixo das abcissas é indicado o local e oceano onde foram registadas as medidas das tartarugas e no das ordenadas o valor médio do número de ovos. Círculos representam a média.

Tabela 3.4.4.1- Resultados dos modelos lineares, relativo à media de número de ovos, para as quatro espécies de tartarugas. Em que: “ $|t|$ ” corresponde ao valor da estatística; “*” representa os casos em que $p < 0,05$, ou seja, em que há diferenças significativas entre as médias do valor de CCL; “--” casos em que apenas ocorreu uma observação; “sr” casos em que não ocorreu nenhum registo.

	Tartaruga-verde		Tartaruga-de-couro		Tartaruga-de-pente		Tartaruga-oliva	
	<i>t</i>	<i>P-value</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>	<i>t</i>	<i>P-value</i>
G1-G2	-2,081	0,0932	1,361	0,363	-0,072	0,997	2,826	0,013*
G3-G1	-3,063	0,0064*	1,974	0,124	0,301	0,951	1,182	0,460
G3-G2	-1,624	0,2331	1,102	0,512	0,346	0,936	-2,315	0,053*
N-E	1,315	0,3684	-1,812	0,165	--	--	-1,960	0,171
O-N	sr	sr	sr	sr	--	--	--	--
S-N	0,074	0,9968	0,945	0,602	--	--	--	--
S-E	3,144	0,0046*	-1,435	0,317	0,475	0,960	--	--
S-O	sr	sr	sr	sr	--	--	--	--
O-E	sr	sr	sr	sr	--	--	--	--

A média do número de ovos por postura ao longo dos períodos temporais exibiu diferenças estatisticamente significativas entre o período um e dois. De G1 ($115,5 \pm 24,17$, N=126), para o G2 ($121,9 \pm 19,29$, N=144) houve um incremento do valor da média do número de ovos depositados, e de G2 para G3 ($117,7 \pm 16,25$, N=409) uma diminuição.

Geograficamente, entre a zona norte e este não foram encontradas diferenças significativas no número médio de ovos, as zonas oeste e sul não foram consideradas pois apenas apresentaram um registro (Tab. 3.4.4.1 e Fig. 3.4.4.2).

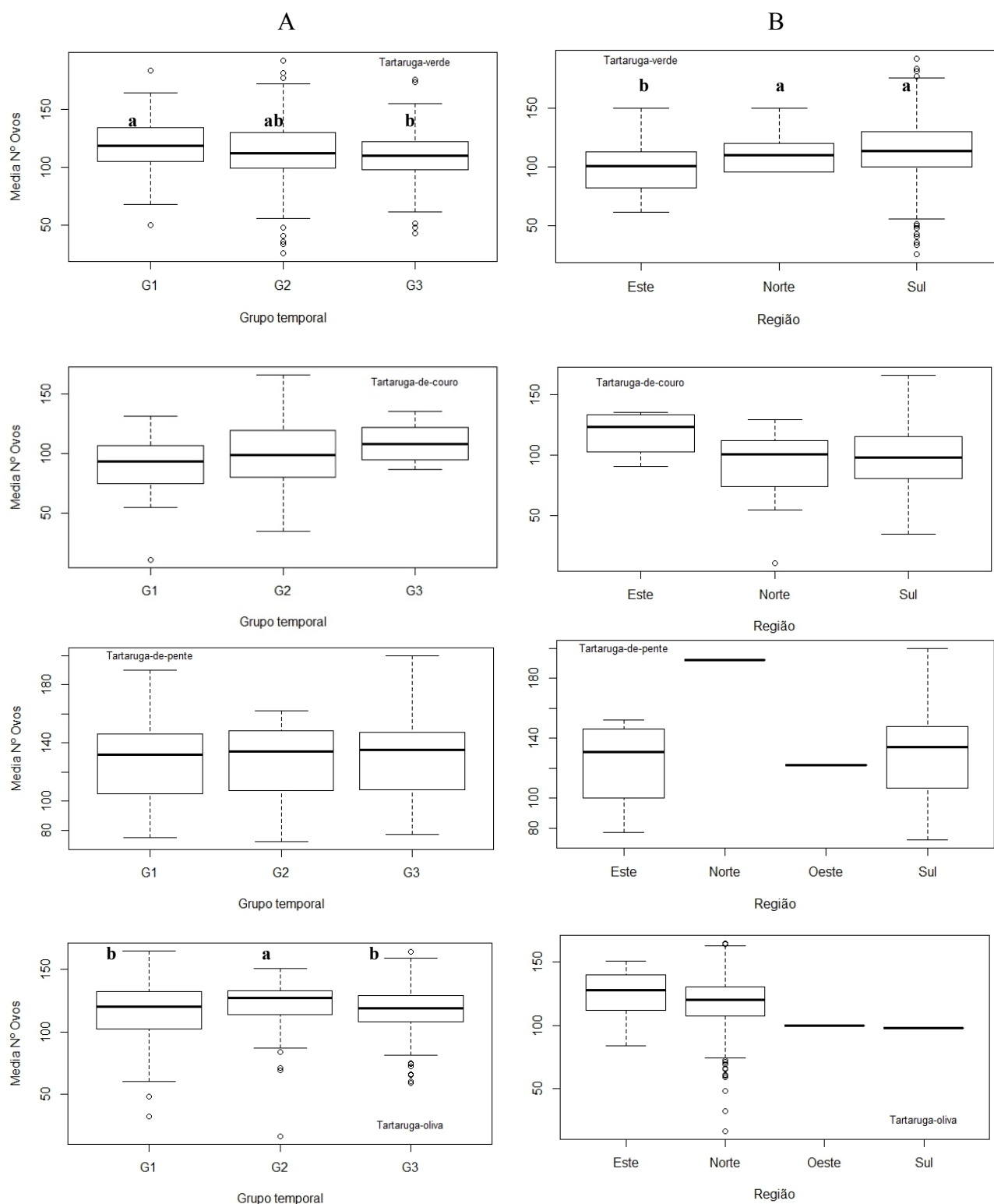


Figura 3.4.4.2- Variação temporal (A) e espacial (B) do valor médio do número de ovos de tartaruga-verde, tartaruga-de-couro, tartaruga-de-pente e tartaruga-oliva. O G1 corresponde ao período entre 1998 e 2001, o G2 ao período entre 2004 e 2008, e o G3 ao período entre 2012 e 2016. O retângulo superior representa o primeiro quartil, o inferior o terceiro quartil e o segmento dentro do retângulo representa a mediana. Os bigodes abrangem entre o mínimo e máximo amostral. Os *outliers* foram definidos como valores que se encontram fora do intervalo $[Q1-1,5 \times IQR; Q3+1,5 \times IQR]$ em que Q1 e Q3 representam o primeiro e terceiro quartis e IQR representa $Q3-Q1$ (Houffmann 1981). As letras minúsculas indicam as diferenças significativas entre valores médios, bem como qual das médias é superior, considerando que $a > b > c$.

A comparação de variações temporais para cada uma das espécies, usando GLMM com as zonas como fatores aleatórios (Tab. 3.4.4.2), apresentou resultados idênticos ao do GLM, havendo diferenças para todos os períodos temporais para a tartaruga-oliva, mas apenas entre o G1 e G3 para a tartaruga-verde.

Tabela 3.4.4.2- Comparação do número médio de ovos entre períodos temporais (G1, G2 e G3) com recurso a GLMM, para as quatro espécies de tartaruga em estudo. “z” corresponde ao valor da estatística, sendo também indicados o “p-value” correspondente, com o “*” a indicar os casos em que existem diferenças significativas ao nível de significância de 0,05.

	Tartaruga-verde		Tartaruga-de-couro		Tartaruga-de-pente		Tartaruga-oliva	
	<i>z</i>	<i>P-value</i>	<i>z</i>	<i>P-value</i>	<i>z</i>	<i>P-value</i>	<i>z</i>	<i>P-value</i>
G1-G2	-2,192	0,071	1,420	0,328	-0,448	0,892	-2,434	0,038*
G3-G1	-2,659	0,021*	2,123	0,084	0,232	0,970	-11,361	<0,001*
G3-G2	-0,971	0,591	1,088	0,519	0,547	0,844	-4,697	<0,001*

3.5. Relação entre o tamanho das fêmeas e o número de ovos

Verificou-se uma correlação positiva entre o CCL e o número de ovos depositados para todas as espécies estudadas: $\rho = 0,320$ para a tartaruga-verde, $\rho = 0,479$ para a tartaruga-de-pente e $\rho = 0,200$ para a tartaruga-oliva (Fig. 3.5.1), exceto para a espécie tartaruga-de-couro, que apresenta um coeficiente de correlação de 0,017. No entanto, todas as outras espécies apresentam coeficientes de determinação relativamente baixos: 0,102 para a tartaruga-verde, 0,229 para a tartaruga-de-pente, 0,0002 para a tartaruga-de-couro e 0,040 para a tartaruga-oliva.

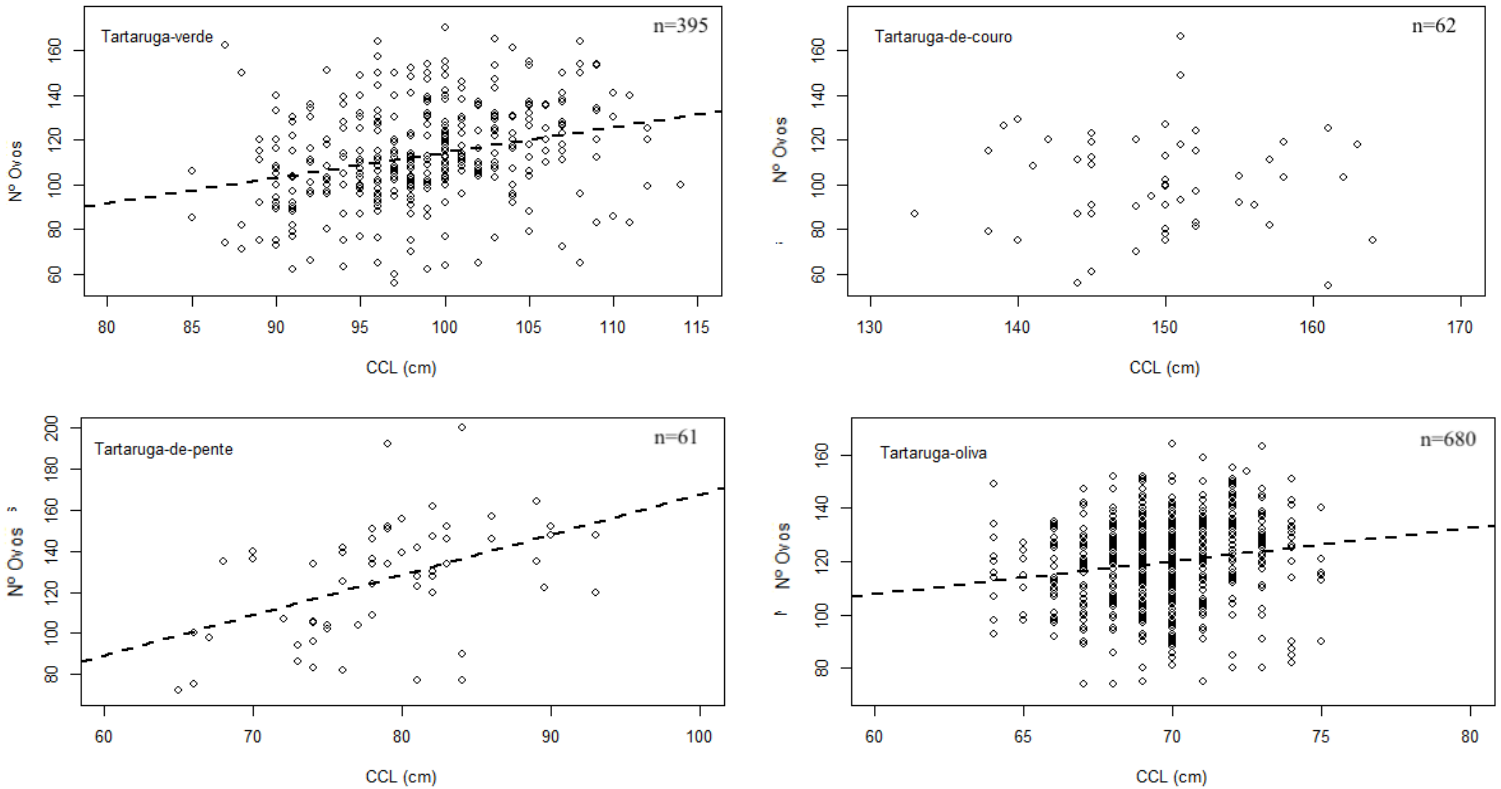


Figura 3.5.1-Correlação entre o CCL e o nº de ovos colocados pelas fêmeas de tartaruga-marinha, para cada espécie estudada. As linhas a tracejado representam as retas de regressão linear.

Relativamente à relação entre o CCL e o número de ovos por postura por grupo temporal, apenas foram analisadas a tartaruga-verde e a oliva, por serem as únicas com um tamanho amostral que permitisse análises robustas. Em todo o caso, o coeficiente de determinação foi muito reduzido, exceto para a tartaruga-verde em G2, em que mais de 12% da variação do número de ovos é justificável pela variação do CCL (Tab. 3.5.1).

Tabela 3.5.1- Coeficientes de correlação de *Spearman* entre o CCL e o nº de ovos colocados pelas fêmeas de tartaruga-verde e tartaruga-oliva, ao longo dos três períodos temporais.

			<i>Spearman</i>		
			<i>P-value</i>	<i>Rho</i>	ρ^2
Tartaruga-verde	G1	9	0,6828	-0,159	0,0253
	G2	268	$2,455 \cdot 10^{-5}$	0,354	0,1254
	G3	118	0,4387	0,0719	0,0052
Tartaruga-oliva	G1	125	0,9679	-0,0036	$1,322 \cdot 10^{-5}$
	G2	144	0,0426	0,1692	0,0286
	G3	411	$2,07 \cdot 10^{-6}$	0,2316	0,0538

4. Discussão

4.1. Variações espaço-temporais no registo de fêmeas reprodutoras

De uma forma geral, houve apenas alterações muito ligeiras no número de praias com registos de fêmeas reprodutoras entre os períodos de estudo, tanto no total como para cada espécie (Fig. 3.1.1). No entanto, a distribuição de registos variou ao longo do tempo para todas as espécies (Fig. 3.2.1). Todas as espécies possuem poucos registos na zona oeste, o que deverá estar relacionado com a escassez de praias com condições adequadas (Graff 1996). Entre os dois períodos houve um aumento geral no número de registos nas praias do oeste e do sul, o que provavelmente está relacionado com um aumento no esforço de amostragem nestas regiões da ilha (Loloum & Neto 2013). Simultaneamente, num grande número de praias no norte e no este deixou de haver registos, em especial para a tartaruga-de-pente e para a tartaruga-oliva. Uma vez que estas regiões terão sido bem monitorizadas em ambos os períodos, esta mudança deve representar uma redução efetiva no número de praias com reprodução de ambas as espécies. Tal faz sentido, atendendo a que praias inicialmente importantes, como a Praia Pomba (J. Hancock *pers. comm*), atualmente já não apresentam condições indicadas para a reprodução ou estão fortemente degradadas, em grande parte devido à extração de areia, tanto nas praias como em alto mar. Além disso é a norte e este da ilha que se concentra a maioria da população humana, havendo certamente maior pressão de caça (Vaz & Oliveira 2007). O distrito de Água Grande, localizado no nordeste da ilha, alberga a capital de São Tomé e cerca de 40% da população nacional. Em 1991 possuía cerca de 43 000 habitantes, tendo aumentado para mais de 70 000 habitantes em 2012 (INE 2013).

Apesar de muito ligeiros, a tartaruga-verde foi a única espécie que apresentou um aumento no número de praias e de registos. Esta tendência deve-se provavelmente a, em termos mundiais, muitas populações desta espécie estarem a conseguir recuperar devido a ações de conservação. De tal forma que, apesar das suas populações continuarem muito pequenas em comparação com registos históricos, a hipótese de extinção global num futuro próximo está afastada (Broderick *et al.* 2006; Chaloupka *et al.* 2008; Silva *et al.* 2017).

A ligeira diminuição do número de registos da tartaruga-oliva, que se encontram maioritariamente nas praias do norte da ilha, poderá estar relacionada com a pressão humana aí existente.

Entre 2014 e 2017 foram registadas apenas 72 tartarugas-de-pente e 33 de-couro. A reduzida população de tartaruga-de-pente é particularmente alarmante, pois São Tomé e Príncipe acolhe a última população reprodutora viável da costa oeste-africana (Agyekumhene *et al.* 2016). Além disso, esta já foi a espécie mais abundante do país (Castroviejo & Juste 1994). Este declínio dever-se-á sobretudo à caça, uma vez que é a mais valiosa, devido à sua carapaça ser utilizada em peças ornamentais (Mortimer & Donnelly 2008). No entanto as recentes proibições, aliadas aos registos recentes desta espécie, nomeadamente no ilhéu das Rolas (J. Hancock & S. Vieira, *pers. comm*), oferecem alguma esperança para a sua recuperação.

4.2. Variações espaço-temporais do tamanho das fêmeas

Os tamanhos corporais das várias espécies registadas em São Tomé encontram-se dentro dos valores médios (Fig. 3.3.1.1 a 3.3.4.1). A tartaruga-de-couro e a tartaruga-de-pente não apresentaram diferenças significativas no valor médio de CCL entre os três períodos temporais e entre as quatro zonas da ilha, o que se poderá dever aos tamanhos amostrais mais reduzidos destas espécies.

A tartaruga-verde apresentou um aumento bastante significativo no valor médio de CCL do primeiro período para o segundo, e um ligeiro decréscimo para o terceiro (Fig. 3.3.4.2). Estas

diferenças mantiveram-se independentemente das variações entre regiões da ilha (Tab. 3.3.4.2). Esta tendência para o aumento do tamanho das fêmeas reprodutoras é algo inesperado, face ao cenário de exploração que esta espécie enfrentou durante o intervalo de estudo. A sua condição corporal está diretamente dependente do estado e abundância dos recursos alimentares nos locais de alimentação (Sminoff *et al* 2003) e é possível que as tartarugas desta espécie tenham crescido como resultado de melhores condições nos locais em que se alimentam. Tendo em conta o número de fêmeas nidificantes, esta espécie tem verificado aumentos populacionais a nível global nos últimos 25 anos, que ainda são mal compreendidos (Godley *et al* 2001; Chaloupka *et al* 2008; Piacenza *et al* 2016). Devido a variações no esforço amostral, é difícil avaliar com rigor as tendências populacionais desta espécie em São Tomé. No entanto, os dados sugerem que o efetivo populacional possa estar a aumentar, tanto em número como possivelmente em idade, o que poderia ajudar a explicar esta tendência para o aumento do CCL, mesmo que a pressão de caça não se tivesse alterado, ou até tivesse aumentado durante o período em estudo. Infelizmente não existem dados fidedignos relativos às variações de pressão de caça, mas também é possível que estas variações do CCL, além de dependentes dos locais de alimentação, se devam a alterações históricas de pressão de caça, que apenas agora se estejam a fazer sentir.

As fêmeas de tartaruga-verde no sul e este são maiores que as do norte. Este padrão já é mais consistente com o que seria expectável, uma vez que o norte da ilha tem mais pressão de caça e ao mesmo tempo apresenta condições naturais menos favoráveis para a nidificação desta espécie (Vaz & Oliveira 2007). É expectável que nas zonas com condições naturais mais favoráveis e sem pressão humana ocorram fêmeas adultas de maiores dimensões (Bjornal *et al* 2000). Em contrapartida em locais com elevada pressão de caça, como o caso da zona norte de São Tomé, o tamanho das fêmeas tende a diminuir, porque poucas conseguem sobreviver a subsequentes tentativas de nidificação.

O tamanho médio da tartaruga-oliva diminuiu entre os três períodos temporais, o que poderá ser explicado por esta espécie ocorrer em grande número na ilha (Loloum & Neto 2013) e de ser muito resiliente (Piacenza *et al.* 2016), sofrer uma elevada pressão de caça. Como tal, as fêmeas deixam de conseguir atingir grandes dimensões (Bjornal *et al* 2000). O tamanho médio desta espécie não variou entre as diferentes zonas da ilha, o que pode ser explicado por a zona norte ser a que apresenta as condições ambientais mais favoráveis para a nidificação desta espécie, mas ao mesmo tempo a maior pressão de caça.

4.3. Variações espaço-temporais do tamanho da postura

Os valores médios do tamanho da postura das várias espécies em São Tomé encontram-se dentro dos valores registados noutras partes do globo, à exceção da tartaruga-oliva, que aqui registou o valor máximo (Fig. 3.4.1.1 a 3.4.4.1). A tartaruga-de-couro e a tartaruga-de-pente não apresentaram diferenças significativas no número médio de ovos por postura, nem entre os períodos temporais nem entre zonas, o que se poderá dever aos reduzidos tamanhos amostrais.

O número médio de ovos de tartaruga-verde diminuiu durante o período de estudo, e estas diferenças mantiveram-se independentemente das variações entre regiões da ilha (Tab. 3.5.1). Esta tendência faz sentido face ao cenário de exploração que esta espécie enfrentou durante o intervalo de estudo, uma vez que populações sobre-exploradas tendem a ter indivíduos de menores dimensões (Bjornal *et al* 2000), e que o número de ovos está positivamente relacionado com o tamanho das fêmeas reprodutoras (Broderick *et al.* 2003 – Fig. 3.5.1). No entanto, e paradoxalmente, as posturas menores pareceram estar associadas a fêmeas maiores, tanto para os diferentes períodos temporais como para as diferentes zonas. Na zona este, por exemplo, o CCL das tartarugas-verdes é elevado, mas a média do número de ovos por postura é reduzido. A

justificação para esta observação poderá estar relacionada com o facto de esta zona apresentar uma combinação de condições naturais sub-óptimas para a nidificação (Vaz & Oliveira 2007) ou outros fatores não controlados neste estudo como por exemplo ocorrência de mais posturas com menor número de ovos, características individuais como o tamanho da cavidade abdominal da fêmea (Shine 1992), qualidade das áreas de alimentação e distância de migração que realizaram (Broderick *et al* 2003).

O número de ovos médio da tartaruga-oliva aumentou de entre os dois primeiros períodos, e foi intermédio no último período (Fig. 3.4.4.2). Este padrão contraria as expectativas, nomeadamente se se tiver em conta que esta espécie está sujeita a uma forte pressão de caça (Loloum *et al.* 2016), que as fêmeas no último período eram mais pequenas (Fig. 3.3.4.2), e que as fêmeas menores tendem a pôr menos ovos. O número médio de ovos nesta espécie não variou entre as diferentes zonas da ilha (Fig. 3.4.4.2), o que por sua vez já faz sentido face à inexistência de diferenças no tamanho das fêmeas (Fig. 3.3.4.2).

4.4. Relação entre tamanho das fêmeas e número de ovos

Houve uma correlação positiva entre o CCL e número de ovos, em todas as espécies de tartarugas, menos na tartaruga-de-couro. Estes resultados corroboram estudos anteriores que demonstram que o tamanho corporal pode definir o limite superior de número de ovos depositados (Shine 1992), e que cerca de 10-60% da variação do número de ovos é explicada pelo tamanho do CCL (Broderick *et al.* 2003). No entanto, em São Tomé obtiveram-se valores algo inferiores: 23% para a tartaruga-de-pente, 10% para a tartaruga-verde e 4% para a tartaruga-oliva. A falta de correlação para tartaruga-de-couro deveu-se provavelmente ao menor tamanho amostral e a dificuldades de contagem da postura associadas a parte dos ovos desta espécie não serem férteis. A tartaruga-de-couro produz e deposita entre 21 a 114 ovos não fertilizados de menores dimensões, após depositar os fertilizados (Caut *et al.* 2006). A função destes ovos inférteis ainda não é bem conhecida, mas acredita-se que apresente um papel térmico, bem como uma função anti-predadores, tendo em conta que diminui o número de ovos férteis predados (Rostal *et al.* 1996).

4.5. Considerações finais

Os estudos com uma ampla escala temporal possuem uma grande importância, principalmente para espécies ameaçadas. Este foi o primeiro estudo a usar dados recolhidos sistematicamente a longo prazo de espécies ameaçadas em São Tomé, e permitiu confirmar os impactos negativos da pressão humana na distribuição, biometria e reprodução das tartarugas marinhas, tanto a nível temporal como geográfico.

A nível global, cerca de 10% das tartarugas marinhas reproduzem-se fora de áreas protegidas (Pimm *et al* 2014). Em São Tomé nenhuma das praias importantes para a reprodução destas espécies se encontra englobada no Parque Natural do Obô de São Tomé, a única área protegida da ilha, que curiosamente até tem como símbolo uma tartaruga marinha. Também não existe nenhuma área marinha protegida que assegure a conservação destas espécies nos habitats costeiros, que além do mais ainda são mal conhecidos. Assim um passo importante para a sua conservação seria a integração de áreas importantes para as tartarugas marinhas na rede nacional de áreas protegidas, que serviriam como refúgio para outras componentes da biodiversidade marinha de São Tomé e Príncipe.

Apesar de ser a espécie mais abundante da ilha, entre 2012 e 2013 a tartaruga-oliva apresentava a taxa de mortalidade mais elevada, com 76,9% dos indivíduos que emergiam nas praias a serem capturados, seguindo-se a tartaruga-de-pente (63,3%), a tartaruga-de-couro

(60,6%) e a tartaruga-verde (37,2%) (Loloum *et al.* 2016). Em 2014 foi promulgado um conjunto de normas, com o intuito de proteger as populações de tartarugas marinhas da caça e do comércio interno (Decreto-Lei nº 07/2014, São Tomé 2015). Foi totalmente proibida a captura, posse e venda de todas as espécies de tartarugas marinhas e produtos derivados, bem como a destruição dos locais de nidificação. O não cumprimento do decreto-lei acarreta multas muito elevadas para os infratores (Vieira *et al.* 2016). Estas medidas tiveram como resultado uma redução de 68% da mortalidade destas espécies (Loloum *et al.* 2016; Vieira *et al.* 2016). Décadas de proteção das fêmeas nas praias de nidificação bem como a implementação da CITES e da legislação local, estão a contribuir para a conservação das populações nidificantes em São Tomé, acompanhando a tendência do resto do mundo (Rees *et al.* 2016). Apesar de serem espécies bastante resilientes, a sobre-exploração ou outras formas de ameaça têm efeitos importantes e persistentes sobre as populações de tartarugas marinhas, uma vez que o seu longo ciclo de vida leva a um longo período para a recuperação populacional (Piacenza *et al.* 2016). Como tal é essencial monitorizar as tendências populacionais destas espécies a longo prazo, para comprovar a eficiência das estratégias de proteção que têm vindo a ser adotadas (Piacenza *et al.* 2016).

5. Referências

- Agyekumhene, A., Aruna, E., Ferreira, B., Allman, P., Ayissi, I., Bourjea, J., ... & West, L. (2016). The sea turtles of Africa. *SWOT (The Status of the World's Sea Turtles)*, 12, 16-29.
- Abreu-Grobois, A & Plotkin, P. (IUCN SSC Marine Turtle Specialist Group). (2008). *Lepidochelys olivacea*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2008*, e.T11534A3292503.
- Ackerman, R. A. (1997). The nest environment and the embryonic development of sea turtles. Pages 83-106 in P.L. Lutz & Y. A. Musick, editors. *The biology of sea turtles*, v.1. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Balazs, G. H., & Chaloupka, M. I. L. A. N. I. (2006). Recovery trend over 32 years at the Hawaiian green turtle rookery of French Frigate Shoals.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.
- Bjorndal, K. A. (1997). Foraging ecology and nutrition of sea turtles. Pages 199-231 in P.L. Lutz & Y. A. Musick, editors. *The biology of sea turtles*, v.1. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., & Chaloupka, M. Y. (2000). Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence. *Ecological Applications*, 10(1), 269-282.
- Booth, J. & Peters J. A. (1972). Behavioural studies on the green turtle (*Chelonia mydas*) in the sea. *Animal Behaviour*, 20, 808-812.
- Broderick, A. C., Frauenstein, R., Glen, F., Hays, G. C., Jackson, A. L., Pelembe, T., ... & Godley, B. J. (2006). Are green turtles globally endangered? *Global Ecology and Biogeography*, 15(1), 21-26.
- Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J. & Hays, G. C. (2003). Variation in reproductive output of marine turtles. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 288, 95-109.
- Broderick, A. C., Godley, B.J. & Downie, J.R. (2000). Incubation periods and sex ratios of green turtles: highly female biased hatchling production in the eastern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 202, 273-281.
- Burlison, J. P., & Tye, A. (1991). *Conservação dos ecossistemas florestais na República Democrática de São Tomé e Príncipe*, 18, IUCN.
- Campbel, L. M. (2003). Contemporary Culture, Use, and Conservation of Sea Turtles. Pages 307-328 in P. L. Lutz, J.A. Musick & J. Wyneken, editors. *The biology of sea turtles*, v.2. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Campbell, L. M. (2007). Local conservation practice and global discourse: a political ecology of sea turtle conservation. *Annals of the Association of American Geographers*, 97(2), 313-334.

- Carr, A. & Hirth, H. (1961). Social facilitation in green turtle siblings. *Animal Behaviour*, 9, 68-70.
- Carr, A., Carr, M. H. & Meylan, A. B. (1978). The ecology and migrations of sea turtles: The west Caribbean green turtle colony. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 162:146.
- Carranza, A., Domingo, A., & Estrades, A. (2006). Pelagic longlines: a threat to sea turtles in the Equatorial Eastern Atlantic. *Biological Conservation*, 131(1), 52-57.
- Carvalho, J. (2009). Experiências da MARAPA sobre a Preservação do Ambiente em São Tomé e Príncipe. *Experiências e Práticas em Contexto Santomense*. 321-326.
- Casale, P., Freggi, D., Furi, G., Vallini, C., Salvemini, P., Deflorio, M., ... & Godley, B. J. (2015). Annual survival probabilities of juvenile loggerhead sea turtles indicate high anthropogenic impact on Mediterranean populations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(5), 690-700.
- Castroviejo, J. & Juste, J. (1994). Diversity and status of sea turtle species in the Gulf of Guinea islands. *Biodiversity and Conservation* 3, 828-836.
- Caut, S., Guirlet, E., Jouquet P. & Girondot, M. (2006). Influence of nest locations and yolkless eggs on the hatching success of leatherback turtle clutches in French Guiana. *Canadian Journal Zoology*, 84, 908-915.
- Chaloupka, M., Bjørndal, K. A., Balazs, G. H., Bolten, A. B., Ehrhart, L. M., Limpus, C. J., ... & Yamaguchi, M. (2008). Encouraging outlook for recovery of a once severely exploited marine megaherbivore. *Global Ecology and Biogeography*, 17(2), 297-304.
- Chaloupka, M.Y. & Musick J.A. (1997). Age, growth, and population dynamics. Pages 233-306 in P.L. Lutz & Y. A. Musick, editors. *The biology of sea turtles*, v.1. CRC Press, Boca Raton, USA
- Crognale, M. A., Eckert, S. A., Levenson, D. H., & Harms, C. A. (2008). Leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* visual capacities and potential reduction of bycatch by pelagic longline fisheries. *Endangered Species Research*, 5(2-3), 249-256.
- Davenport, J. (1997). Temperature and the life-history strategies of sea turtles. *Journal of Thermal Biology*, 22, 479-488.
- Donnelly, M., (2011). Sea Turtles and CITES. *SWOT report (The Status of the World's Sea Turtles) report*, 11, 42-44.
- Dontaine, J. F. (2001). Conservation et valorisation des tortues marines à São Tomé e Príncipe. Rapport final d'assistance technique.

Ferreira, R. (2015). Sea Turtle Artisans of São Tomé and Príncipe. *African Sea Turtle Newsletter* 3: 25-33.

Fossette, S., Kelle, L., Girondot, M., Goverse, E., Hiltermann, M. L., Verhage, B., ... & Georges, J. Y. (2008). The world's largest leatherback rookeries: A review of conservation-oriented research in French Guiana/Suriname and Gabon. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 356(1), 69-82.

Frazer, N. B. & Ehrhart, L.M. (1985). Preliminary growth models for green, *Chelonia mydas*, and loggerhead, *Caretta caretta*, turtles in the wild. *Copeia*, 73-79.

Fretey, J. & Caruso, D. (1999). Évaluation et devenir de la conservation des tortues marines à saint-thomas et prince. *Le Projet Tâto*.

Fretey, J. & Caruso, D., Juillerat, B. (2003). Le projet Tilatâtô: La défense des tortues marines menacées d'extinction à São Tomé par le développement durable de la filière d'élevage aquacole. *Des Tortoues & Des Hommes*.

Fuentes, M. M. P. B., Limpus, C. J., & Hamann, M. (2011). Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. *Global Change Biology*, 17(1), 140-153.

Girard, A., Godgenger, M.C., Gibudi, A., Fretey, J., Roumet, D., Bal, G., Bréhérêt, N., Bitsindou, A., Leeuwe, H., Verhage, B., Ricois, S., Bayé, J.P., Carvalho, J., Lima, H., Neto, E., Angoni, H., Ayissi, I., Bebeya, C., Folack, J., Nguenim, J.R. & Girondot, M. (2016). Marine Turtles Nesting Activity Assessment and Trend along the Central African Atlantic Coast for the Period of 1999-2008. *International Journal of Marine Science and Ocean Technology (IJMO)*, 3, 21-32.

Godley, B. J., Blumenthal, J.M., Broderick, A.C., Coyne, M.S., Godfrey, M.H., Hawkes, L.A. & Witt, M.J. (2008). Satellite tracking of sea turtles: where have we been and where do we go next? *Endangered Species Research*, 4.1-2, 3-22.

Godley, B. J., Broderick, A. C., & Hays, G. C. (2001). Nesting of green turtles (*Chelonia mydas*) at Ascension Island, South Atlantic. *Biological Conservation*, 97(2), 151-158.

Goshe, L. R. Avens L., & Scharf, F.S. (2010). Estimation of age at maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. *Marine Biology*, 157.8, 1725-1740.

Graff, D. (1996). Sea Turtle Nesting and Utilization Survey of São Tomé. *Marine Turtle Newsletter*, 75, 8-12.

Griffin, A. D., Miller, E., & Rider, S. (2010). "U.S. sea turtles: a comprehensive overview of six troubled species", *Sea turtles final report*. Oceana.

Hamann, M., Godfrey, M. H., Seminoff, J. A., Arthur, K., Barata, P. C. R., Bjorndal, K. A., ... & Casale, P. (2010). Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endangered Species Research*, 11(3), 245-269.

Hamann, M., Limpus, C.J. & Owens, D.W. (2002). Reproductive Cycles of Males and Females. Pages 136-153 in P. L. Lutz, J.A. Musick & J. Wyneken, editors. *The biology of sea turtles*, v.2. CRC Press, Boca Raton, USA.

Hancock, J., Carvalho, H., Loloum, B., Lima, H. & Oliveira, L. (2015). Review of Olive Ridley Nesting in São Tomé and Príncipe Islands, West Africa, with a New Occurrence in Príncipe Island. *African Sea Turtle Newsletter*, 34-38.

Hart, C. E., Lez-Quíñonez, C., Maldonado-Gasca, A., Zavala-Norzagaray, A & Abreu-Grobois, F. (2014). Nesting characteristics of olive turtles (*Lepidochelys olivaceai*) on el Naranjo meach, Nayarit, Mexico. *Herpetology Conservation and Biology*, 9, 524-534.

Heppel, S. S., Snover, M. L. & Crowder, L. B. (2003) Sea turtle population ecology. Pages 275-298 in P. L. Lutz, J.A. Musick & J. Wyneken, editors. *The biology of sea turtles*, v.2. CRC Press, Boca Raton, USA.

Hirth, H. F. (1980). Some aspects of the nesting behavior and reproductive biology of sea turtles. *American Zoologist* 20.3, 507-523.

Hirth, H. F. (1997). Synopsis of the biological data on the Green Turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). *United States Fish and Wildlife Service Biological Report*.

Hothorn, T., Frank Bretz, F. & Westfall, P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, 50(3), 346-363.

Houffman, R., (1981) Box Plot: Display of Distribution. <http://www.physics.csbsju.edu/stats/box2.html>. Acesso em: 20/11/2017

Howard, R., Bell, I. & Pike, A. D. (2014). Thermal tolerances of sea turtle embryos: current understanding and future directions. *Endangered Species Research*, 26.1, 75-86.

Humber, F., Godley, B. J., & Broderick, A. C. (2014). So excellent a fishe: a global overview of legal marine turtle fisheries. *Diversity and Distributions*, 20(5), 579-590.

INE (Instituto Nacional de Estatística de São Tomé e Príncipe). (2013). *IV Recenseamento geral da população e da habitação 2012*. Água-Grande.

IUCN (2017) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017. <http://www.iucnredlist.org/>

Jackson, J. B., Kirby, M. X., Berger, W. H., Bjørndal, K. A., Botsford, L. W., Bourque, B. J., ... & Hughes, T. P. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *science*, 293(5530), 629-637.

Jones, T. T. & Seminoff, J.A. (2013). Feeding Biology: Advances from Field-Based Observations, Physiological Studies, and Molecular Techniques. Pages 211-221 in J. Wyneken, K. J. Lohmann & J.A. Musick editors. *The biology of sea turtles*, v.3. CRC Press, Boca Raton, USA.

Kamel, S. J & Mrosovsky, N. (2004). Nest site selection in leatherbacks, *Dermochelys coriacea*: individual patterns and their consequences. *Animal Behaviour*, 68, 357-366.

Kamel, S. J & Mrosovsky, N. (2006). Inter-seasonal maintenance of individual nest site preferences in hawksbill sea turtles. *Ecology*, 87(11), 2947-2952.

Kingshott, M. B. (1995). *The Exploitation of Sea turtles on São Tomé in the Gulf of Guinea*. MSc Wildlife Management and Control. School of Animal and Microbial Sciences.

Loloum, B. & Neto, E. (2013). Relatório Técnico da Campanha 2012/2013 de Monitorização das desova as Tartarugas Marinhas. *ONG MARAPA (Mar Ambiente e Pesca Artesanal)*.

Loloum, B., Neto, E., Lima, H., Oliveira, L., Vieira, S., Jimenez, V., Besugo, A. & Hancock, J. (2016). Symposium: From null to full protection obstacles and opportunities in sea turtle conservation in west Africa.

López-Castro, M. C., Carmona, R., & Nichols, W. J. (2004). Nesting characteristics of the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) in Cabo Pulmo, southern Baja California. *Marine Biology*, 145(4), 811-820.

Loureiro, N. S., Carvalho, H. & Rodrigues, Z. (2011) Praia Grande of Príncipe Island (Gulf Guinea): an importante nesting beach for the green turtle *Chelonia mydas*. *Life and Marine Sciences*, 28, 89-95.

Lutcavage, M. E., Plotkin, P., Witherington, B., & Lutz, P. L. (1997). 15 Human Impacts on Sea Turtle Survival. Pages 45-56 in P.L. Lutz & Y. A. Musick, editors. *The biology of sea turtles*, v.1. CRC Press, Boca Raton, USA.

Marcovaldi, M. A., Vieitas C.F., & Godfrey, M. T. (1999). Nesting and Conservation Management of Hawksbill Turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Northern Bahia, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 3(2), 301-307.

Márquez M., R. (1990). *Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date*. FAO Fisheries Synopsis, 125. Rome.

Mazaris, A. D., Almpnidou, V., Wallace, B. P., Pantis, J. D., Schofield, G. (2014). A global gap analysis of sea turtle protection coverage. *Biological Conservation*, 173, 17-23.

Miller, J. D. (1997). Reproduction in sea turtles. Pages 56-80 in P.L. Lutz & Y. A. Musick, editors. *The biology of sea turtles*, v.1. CRC Press, Boca Raton, USA.

Mortimer, J. A. (1990). The influence of beach sand characteristics on the nesting behaviour and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). *Copeia*, 3, 802-817.

Mortimer, J. A. & Donnelly, M. (IUCN SSC Marine Turtle Specialist Group). 2008. *Eretmochelys imbricata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T8005A12881238.

Mrosovsky, N., Ryan, G. D. & James M. C. (2009). Leatherback turtles: The menace of plastic, *Marine Pollution Bulletin*, 58, 287–289.

Piacenza, S. E., Balazs, G. H., Hargrove, S. K., Richards, P. M., & Heppell, S. S. (2016). Trends and variability in demographic indicators of a recovering population of green sea turtles *Chelonia mydas*. *Endangered Species Research*, 31, 103-117.

Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., ... & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344 (6187).

Pritchard, P.C.H. (1997). Evolution, phylogeny, and current status. Pages 1–28 in Lutz, P.L., and J.A. Musick editors. *The Biology of Sea Turtles*, v.1. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Quantum GIS Development Team (2017). Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rees, A. F., Alfaro-Shigueto, J., Barata, P. C. R., Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., Bourjea, J., ... Godley, B. J. (2016). Are we working towards global research priorities for management and conservation of sea turtles? *Endangered Species Research*, 31(1), 337-382.

Reina, R. D., Mayor, P. A., Spotila, J. R., Piedra, R. & Paladino, F. V. (2002) Nesting Ecology of the Leatherback Turtle, *Dermochelys coriacea*, at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: 1988–1989, *Copeia* (3), 653-664.

Rostal, A. C., Paladino F. V., Patterson, R. M. & Spotila, J. R. (1996). Reproductive physiology of nesting leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) at Las Baulas National Park, Costa Rica. *Chelonian Conservation and Biology*, 2(2), 230-236.

RStudio Team (2017). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Seminoff, J. A. (2004). *Chelonia mydas*. (Southwest Fisheries Science Center, U.S.) *The IUCN Red List of Threatened Species 2004*: e.T4615A11037468.

Seminoff, J. A., Jones, T. T., Resendiz, A., Nichols, W. J., & Chaloupka, M. Y. (2003). Monitoring green turtles (*Chelonia mydas*) at a coastal foraging area in Baja California, Mexico:

multiple indices to describe population status. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83(6), 1355-1362.

Shine, R. (1992). Relative clutch mass and body shape in lizards and snakes: is reproductive investment constrained or optimized?. *Evolution*, 46(3), 828-833.

Silva, B. M., Bugoni, L., Almeida, B. A., Giffoni, B. B., Alvarenga, F. S., Brondizio, L. S., & Becker, J. H. (2017). Long-term trends in abundance of green sea turtles (*Chelonia mydas*) assessed by non-lethal capture rates in a coastal fishery. *Ecological Indicators*, 79, 254-264.

Singh, J. S. (2002). The biodiversity crisis: a multifaceted review. *Current Science*, 82(6), 638-647.

Standora, A. E. & Spotila J.R. (1985). Temperature dependent sex determination in sea turtles. *Copeia*, 711-722.

Stokes, K. L., Broderick, A. C., Canbolat, A. F., Candan, O., Fuller, W. J., Glen, F., Levy, Y., Rees, A. F., Rilov, G., Snape, R. T., Stott, I., Tchernov, D. & Godley, J. (2015). Migratory corridors and foraging hotspots: critical habitats identified for Mediterranean green turtles. *Diversity and Distributions*, 1-10.

Troëng, S., & Chaloupka, M. (2007). Variation in adult annual survival probability and remigration intervals of sea turtles. *Marine Biology*, 151(5), 1721-1730.

Vaz, H., & Oliveira, F. (2007). Relatório Nacional do Estado Geral da Biodiversidade de S. Tomé e Príncipe. *Ministério de Recursos Naturais e meio Ambiente, Direção Geral de Ambiente, S. Tomé- RDSTP*.

Vieira, S., Airaud, B. F., Jiménez, V., Airaúd, F., Monteiro, D. & Jesus, A. B. (2017). Seeking a better future for women traders and sea turtles in São Tomé and Príncipe. *African Sea Turtle Newsletter*, 8, 33-35.

Viera, S., Jiménez, V., Besugo, A., Costa, S., Miranda, F., Hancock, J., Loloum, B. & Oliveira, L. (2016). Participative Approach to Discuss Novel Law Implementation Strategies in São Tomé and Príncipe. *African Sea Turtle Newsletter*, 5, 15-21.

Wallace, B. P., DiMatteo, A. D., Bolten, A. B., Chaloupka, M. Y., Hutchinson, B. J., Abreu-Grobois, F. A., ... & Bourjea, J. (2011). Global conservation priorities for marine turtles. *PloS one*, 6(9), e24510.

Wallace, B. P., Tiwari, M., & Girondot, M. (2013). *Dermochelys coriacea*. *IUCN Red List of Threatened Species*, 2013: e. 6494A43526147.

Witzell, W. N. (1983). Synopsis of Biological data on the Hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata*. *FAO Fisheries Synopsis*, 137, 16-53.

World Bank. (2016). Sao Tome and Principe Overview. Disponível em: <http://www.worldbank.org/en/country/saotome/overview> Acesso em 15/12/2017.

Yntema, C. L. & Mrosovsky, N. (1982): Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles. *Canadian Journal Zoology*, 60, 1012-1016.

Zug, G. R. & Parham, J. F. (1996). Age and growth in leatherback turtles, *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae): a skeletochronological analysis. *Chelonian Conservation and Biology*, 2, 244-249.

Zug, G. R. & R. E. Glor. (1998). Estimates of age and growth in a population of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the Indian River lagoon system, Florida: a skeletochronological analysis. *Canadian Journal of Zoology*, 76, 1497-1506.

Zug, G. R., Chaloupka, M., & Balazs, G. H. (2006). Age and growth in Olive Ridley Sea Turtles (*Lepidochelys olivacea*) from the north-central Pacific: a skeletochronological analysis. *Marine Ecology*, 27, 263–270.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A. & Smith, G. M. (2009). *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer.

APÊNDICES:

CCL

Tabela A1- Valores totais de CCL por espécie. “N_{total}” corresponde ao número total da amostra, “μ_{total}” correspondente à média total, em cm, do valor de CCL, “SD” desvio padrão, “Min” valor mínimo de CCL, “Máx” valor máximo de CCL.

	N _{total}	μ _{total} ± SD (cm)	Min. (cm)	Máx.(cm)
Tartaruga-verde	762	98,309 ± 7,329	81	163
Tartaruga-de-couro	181	144,966 ± 13,197	100	180
Tartaruga-de-pente	218	80,726 ± 5,327	65	104
Tartaruga-oliva	1442	69,879 ± 2,329	60	80

Tabela A2- CCL das quatro espécies ao longo dos três períodos (G1, G2 e G3) e das diferentes zonas (este, norte, sul e oeste). O “N” indica o tamanho amostral; “μ” a média em cm; “SD” o desvio padrão em cm; Os símbolos: “--” assinala as ocasiões onde ocorreu apenas uma observação não sendo relevante a média, e “sr” representa os casos em que não ocorreu nenhum registro.

	Tartaruga-verde		Tartaruga-de-couro		Tartaruga-de-pente		Tartaruga-oliva	
	N	μ ± SD (cm)	N	μ ± SD (cm)	N	μ ± SD (cm)	N	μ ± SD (cm)
G1	108	95,77 ± 6,469	110	146,32 ± 12,810	146	80,67 ± 5,229	788	70,44 ± 2,015
G2	270	99,46 ± 7,469	44	143,52 ± 16,226	18	80,00 ± 8,758	148	69,98 ± 2,221
G3	384	98,14 ± 6,974	27	143,22 ± 6,779	54	80,89 ± 6,728	506	69,04 ± 2,493
E	50	100,18 ± 14,540	50	142,26 ± 17,742	56	80,34 ± 6,055	135	69,87 ± 2,567
N	14	93,21 ± 5,873	44	147,96 ± 8,055	15	79,00 ± 4,424	1277	69,90 ± 2,280
O	1	--	0	sr	9	83,72 ± 6,180	22	70,27 ± 2,292
S	697	98,25 ± 6,307	87	145,45 ± 11,705	138	80,78 ± 6,011	8	69,38 ± 2,264

Ovos

Tabela A3- Valores totais do número de ovos por espécie. Em que “N_{total}” corresponde ao número total de ninhos amostrados, “μ_{total}” correspondente à média total, do número médio de ovos, “SD” desvio padrão, “Min” valor mínimo da média de n° de ovos, “Máx” valor máximo da média de n° de ovos.

	N _{total}	μ _{total} ± SD	Min. (cm)	Máx. (cm)
Tartaruga-verde	463	113,5 ± 25,237	26	192
Tartaruga-de-couro	69	98,4 ± 26,295	11	166
Tartaruga-de-pente	68	128,8 ± 28,133	71	200
Tartaruga-oliva	679	118,2 ± 18,691	16	165

Tabela A4- Número de ovos das quatro espécies ao longo dos três períodos (G1, G2 e G3) e das diferentes zonas (este, norte, sul e oeste). O “N” indica o tamanho amostral; “μ” a média em cm; “SD” o desvio padrão em cm; Os símbolos: “--” assinala as ocasiões onde ocorreu apenas uma observação não sendo relevante a média, e “sr” representa os casos em que não ocorreu nenhum registro.

	Tartaruga-verde		Tartaruga-de-couro		Tartaruga-de-pente		Tartaruga-oliva	
	N	μ ± SD (cm)	N	μ ± SD (cm)	N	μ ± SD (cm)	N	μ ± SD (cm)
G1	78	120,2 ± 22,507	16	88,9 ± 29,100	24	128,0 ± 28,040	126	115,5 ± 24,165
G2	268	113,5 ± 26,115	42	99,2 ± 26,541	17	127,4 ± 25,758	144	121,9 ± 19,286
G3	117	109,0 ± 24,086	11	108,9 ± 16,544	27	130,4 ± 30,513	409	117,7 ± 16,247
E	27	98,8 ± 20,910	4	118,0 ± 19,967	6	128,8 ± 28,847	83	124,5 ± 18,852
N	6	113,7 ± 20,539	12	90,8 ± 33,872	1	--	644	117,9 ± 18,640
O	0	sr	0	sr	1	--	1	--
S	430	114,4 ± 25,300	53	98,6 ± 24,400	60	128,5 ± 27,496	1	--

Tabela A5- Síntese bibliográfica do valor de CCL e o do número médio de ovos ao longo de vários locais do planeta. Todos os valores de CCL apresentados são correspondentes a fêmeas que já atingiriam a maturidade sexual. Os casos em que o estudo apenas apresenta o intervalo de número de ovos, não foram utilizados. É possível encontrar na tabela, o local de amostragem, este que varia entre país/estado/ilhas, consoante o número de locais abrangidos pelo estudo, o oceano que banha o local de amostragem, o valor de “CCL min”, “CCL max”, “CCL med” e “Nºovos” correspondentes ao valor mínimo, máximo, e médio de CCL bem como ao valor médio do número de ovos por ninho.

<i>Espécie</i>	<i>Oceano</i>	<i>Local estudo</i>	<i>CCL min</i>	<i>CCL max</i>	<i>CCL med</i>	<i>Nº ovos (média/ intervalo)</i>	<i>Referência</i>
<i>Chelonia mydas</i>	Oceano Atlântico	Ilha Poilão (Guiné-Bissau)	85,0	119,0	102,0	131,2	Catry <i>et al.</i> 2007
		Guiana	95,5	148,7	103,9	106-138	Hirth 1980
		Suriname	97	125	103,9	138	Hirth 1980
		Ilha Ascensão	83,8	141	108,1	115,5	Hirth 1980
		Bahia	-	-	123,3	127,8	Marcovaldi & Laurent 1996
		Tortuguero	69,2	117,5	100,1	110	Hirth 1980
		Ilha das Aves	99,6	118,9	107,7	-	Hirth 1980
		Caraíbas	-	-	-	108	Bell <i>et al.</i> 2005
		Chipre	77	106	91,5	115	Broderick <i>et al.</i> 2003
	Oceano Índico	Ilha Europa	91	125	108,9	147	Hirth 1980
		Ilha Tromelin	95,9	112	104,1	124,6	Hirth 1980
		Ilha Seicheles	78,7	114,3	100,8	90	Hirth 1980
		Ilha Iêmen	78,7	114,3	96	106	Hirth 1980
	Oceano Pacífico	Ilha Pulau Berhala	-	-	-	118	Hirth 1980
		Sarawak (Ilha Bornéu)	84	110	97,5	104,7	Hirth 1980
		Ilha Bonin	-	-	-	103,8	Hirth 1980
		Ilha Heron	86	121	102,4	110	Hirth 1980
		Ilhas da Fragata Francesa (FFS)	80,8	106,2	92,2	104	Hirth 1980
<i>Dermochelys coriacea</i>	Oceano Atlântico	Ilha Trinidad	121	181	152	65-130	Hirth 1980
		Suriname	150	165	-	85	Hirth 1980
		Guiana F.	137	180	157	88,1	Hirth 1980
		Florida	125,0	173,5	151,8	-	Stewart <i>et al.</i> 2007
		Brasil	139	182	159,8	87,7	Thomé <i>et al.</i> 2007
		Naranjo	128	151	141	65,6	Hirth 1980
	Oceano Índico	Durban	129	173	156	103,7	Hirth 1980
	Oceano Pacífico	Trengganu (Malásia)	-	-	-	83,5	Hirth 1980
		Guanacaste (Costa Rica)	128	151	141	65,6	Hirth 1980
		Praia Norte (Costa Rica)	122,3	171,2	150,6	78	J.G. Ros 2013
		México	120	168	143,8	62	Martinez <i>et al.</i> 2007
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Oceano Atlântico	Ilha do Príncipe	75,5	83,8	79,3	-	Ferreira <i>et al.</i> 2018
		Ilha Adonga (Guiné-Bissau)	-	-	-	163,8	Catry <i>et al.</i> 2007
		R.Dominicana	81,0	94,0	87,3	-	Revuelta <i>et al.</i> 2015
		Tortuguero	74,9	91,4	83,1	161,1	Hirth 1980
		Guiana	80	88,9	83,8	158,1	Hirth 1980
		Nicarágua	62,5	87,0	76,5	-	Witzel 1983
		Costa Rica	88,0	95,0	90,7	-	Witzel 1983
		Costa Rica	-	-	88,8	158,0	Bjorndal 1985
		Porto Rico	74,9	91,4	83,1	161,1	Witzel 1983
		Colômbia	67,1	85,6	77,6	124,0	Witzel 1983
		Brasil	86	110	97,4	136,4	Marcovaldi & Laurent 1996
	Oceano Índico	Ilhas Seicheles	83,3	91,5	89,5	182	Diamond 1976
		Kebir (Sudão)	53,3	73,7	69	73,2	Hirth 1980
		Oman	60,0	83,0	73,3	97,2	Witzel 1983

Continuação da tabela A5

<i>Espécie</i>	<i>Oceano</i>	<i>Local estudo</i>	<i>CCL min</i>	<i>CCL max</i>	<i>CCL med</i>	<i>Nº ovos (média/ intervalo)</i>	<i>Referência</i>
		Iêmen	63,4	72,4	69,4	81,2	Witzel 1983
	Oceano Pacífico	Antilhas Francesas	-	-	-	137	Kamel & Mrosovsky 2006
		Micronésia	-	-	-	104,5	Hirth 1980
		Ilhas Salomão	60,0	95,5	84,6	137,5	Witzel 1983
		Austrália	71,6	82,7	76,4	111,7	Witzel 1983
		México	-	-	93,3	149,0	Rodriguez <i>et al.</i> 1993
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Oceano Atlântico	Ilha Adonga (Guiné-Bissau)	-	-	-	130,3	Catry <i>et al.</i> 2007
		Suriname	63	75	68,5	116	Hirth 1980
		Naranjo (Costa Rica)	57	72,5	65,2	105	Hirth 1980
		Brasil	62,5	83,0	73,1	100,1	Da Silva <i>et al.</i> 2007
	Oceano Índico	India	59	71	67	114,7	Hirth 1980
		Oman	-	-	-	118	Márquez 1990
	Oceano Pacífico	Baixa Califórnia	-	-	-	102	Lopez-castro <i>et al.</i> 2004
		México	52,5	73	62,9	100	Marquez 1990

Bell CDL, Parsons J, Austin TJ, Broderick AC, Ebanks-Petrie G, Godley BJ (2005) Some of them came home: the Cayman Turtle Farm headstarting project for the green turtle *Chelonia mydas*. *Oryx* 39:137–148

Bjorndal, K. A. (1985). Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia*, 736-751

Broderick, A. C., Glen, F., Godley, B. J. & Hays, G. C. (2003). Variation in reproductive output of marine turtles. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 288, 95-109.

Catry, P., Barbosa, C., Paris, B., Indjai, B., Almeida, A., Limoges, B., ... & Pereira, H. (2009). Status, ecology, and conservation of sea turtles in Guinea-Bissau. *Chelonian Conservation and Biology*, 8(2), 150-160.

Da Silva, A. C., Castilhos, J. C., Lopez, G. G. & Barata, P. C. (2007). Nesting biology and conservation of the olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) in Brazil, 1991/1992 to 2002/2003. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87, 1047–1056.

Diamond, A.W. (1976). Breeding biology and conservation of hawksbill turtles, *Eretmochelys imbricate* L., on Cousin Island, Seychelles. *Biology Conservation*, 9, 199-215.

Ferreira, R. L., Ceia, F. R., Borges, T. C., Ramos, J. A., & Bolten, A. B. (2018). Foraging niche segregation between juvenile and adult hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) at Príncipe island, West Africa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 498, 1-7.

Hirth, H. F. (1980). Some aspects of the nesting behavior and reproductive biology of sea turtles. *American Zoologist* 20.3, 507-523.

Kamel, S. J & Mrosovsky, N. (2006). Inter-seasonal maintenance of individual nest site preferences in hawksbill sea turtles. *Ecology*, 87(11), 2947-2952.

López-Castro, M. C., Carmona, R., & Nichols, W. J. (2004). Nesting characteristics of the olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) in Cabo Pulmo, southern Baja California. *Marine Biology*, 145(4), 811-820.

Marcovaldi, M. A. & Laurent, A. (1996). A six season study of marine turtle nesting at praia do forte, Bahia, Brazil, with implications for conservation and management. *Chelonian Conservation and Biology*, 2(1), 55-59.

Márquez M., R. (1990). *Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date*. FAO Fisheries Synopsis, 125. Rome.

Martínez, L. S., Barragán, A. R., Muñoz, D. G., García, N., Huerta, P., & Vargas, F. (2007). Conservation and biology of the leatherback turtle in the Mexican Pacific. *Chelonian Conservation and Biology*, 6(1), 70-78.

Revuelta, O., Hawkes, L., León, Y. M., Godley, B. J., Raga, J. A., & Tomás, J. (2015). Evaluating the importance of Marine Protected Areas for the conservation of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* nesting in the Dominican Republic. *Endangered Species Research*, 27(2), 169-180.

Ros, E. J. (2013). Size, clutch size and nesting distribution in leatherbacks on Playa Norte, Costa Rica.

Stewart, K., Johnson, C. & Godfrey, M. H. (2007). The minimum size of leatherbacks at reproductive maturity, with a review of sizes for nesting females from the Indian, Atlantic and Pacific Ocean basins. *Herpetology Journal*, 17, 123-128.

Thomé, J.C.A., Baptistotte, C., Moreira, L.M.P., Scalfoni, J.T., Almeida, A.P., Rieth, D.B. & Barata, P.C.R. 2007. Nesting biology and conservation of the Leatherback Sea Turtle (*Dermochelys coriacea*) in the State of Espírito Santo, Brazil, 1988-1989 to 2003-2004. *Chelonian Conserv. Bi.* 6(1):15-27

Witzell, W. N. (1983). Synopsis of Biological data on the Hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata*. *FAO Fisheries Synopsis*, 137, 16-53.